目　　录

第一篇　青海地区

第二篇　西藏地区

CONTENTS

第一篇　青 海 地 区

青海省是我国西部幅员辽阔、石油和天然气资源丰富的省份之一。境内分布着大小不等的二十二个沉积盆地，其中已经发现油气田的有柴达木盆地和民和盆地。柴达木盆地是我国除西藏之外石油勘探开发工作和生活条件最困难的地区，建国前所做工作甚少；新中国建立后，从1954年开始才大规模进行了石油地质勘探工作。经过30多年的艰苦奋斗，克服了高原缺氧、交通不便、人烟稀少、供应紧缺和戈壁飞沙等等想象不到的困难，目前在柴达木盆地已经发现有尕斯库勒、花土沟、冷湖等17个油田和涩北一号等5个天然气田，并已开始建设年产百万吨原油的石油工业基地及相应的石油加工装置和管道铺设。这对青海、西藏地区的经济建设和能源结构的改变以及环境保护都将带来一定影响，同时也在地质、物探、钻探、测井、试油、油田开发等方面和科学研究领域取得了丰富的成果和经验。这些成绩的取得是青海省各族人民大力支持和各有关单位共同努力的结果。对今后青海地区特别是柴达木盆地石油工业的进一步开拓和发展有着重要意义，因此，总结和回顾这几十年来石油勘探开发的历程和主要技术成果是十分有益的。

为此，青海石油管理局自1985年起，组织一批技术力量，用了两年多的时间，对有关的大量资料加以分析研究，并进行了客观的剖析，编写了本篇。

本篇资料来源主要是青海石油管理局地质勘探和油田开发的资料，地质矿产部原632队、青海省地质局以及中国科学院等有关单位的资料。

本篇力求做到忠实地描绘出青海地区柴达木盆地石油地质勘探的历史进程，总结出区内大地构造格局、盆地地质结构、沉积体系展布、油气生成规律、油气藏模式类型和进一步勘探方向等一系列基本地质问题的观点和成果，它将对青海地区石油工业的进一步发展有所借鉴。

第一章　概　　况

第一节　自然地理概况

青海地区分布着大小不等的22个沉积盆地，其中已经发现油气田的有柴达木盆地、民和盆地；发现有油气显示或推测有生油层的有苏干湖盆地、乌兰湖盆地、皇城盆地、温泉盆地、木里盆地、疏勒盆地和库木库里盆地；未见油气显示的有库木库里盆地、可可西里盆地、共和盆地、青海湖盆地、西宁盆地、常木错盆地、哈拉湖盆地、化隆盆地、列里赛盆地、贵德盆地、哈尔腾盆地、大疙瘩盆地、乌兰盆地和门源盆地等（参见表1-1-1）。根据目前石油地质勘探程度以及所搜集到的资料，本志将重点介绍柴达木盆地和民和盆地的石油地质情况（有关民和盆地的论述书中专列一章）。

柴达木盆地由蒙语“柴达木”意即盐泽而得名，位于青海省西北部，东经90°～98°20′，北纬35°55′～39°10′之间，四周为昆仑山、阿尔金山和祁连山脉所环抱，群峰参差耸立。盆地总面积约121000平方公里，其中具有石油前景的中、新生界沉积面积约96000平方公里，最大沉积厚度可达15600米以上，是我国著名的十大内陆盆地之一，属典

型的大陆性高原盆地。盆地内部海拔一般在2600～3000米左右，从总体上看，具有西北高、东南低，边缘高、中间低的特点。从地理位置和地貌特征分析，柴达木盆地地位处青藏高原东北部，是我国青藏高原不可分割的组成部分。

表1-1-1　青海省区沉积盆地概况表

代号	盆地名称	盆地面积 km^2	盆地基岩层位	沉积岩时代及厚度 m	含油气情况
1	柴达木盆地	121000	前古生界、古生界及花岗岩	T、J_{1+2}、K、N、E、Q15600	发现17个油田、5个气田
2	库木库里盆地	14900（包括新疆区内）	前古生界、古生界及花岗岩	K、R　5000	未见油气显示
3	温泉盆地	13400	上古生界、三叠系及花岗岩	J、E	未见油气显示
4	可可西里盆地	13300	三叠系	E、N	未见油气显示
5	共和盆地	10700	古生界、三叠系	N	未见油气显示
6	民和盆地	9000	前古生界、古生界	T、J、K、E、N 5000	发现虎头崖油田
7	苏干湖盆地	7400	古生界	R　2500	苏参1井见油砂岩
8	青海湖盆地	7000	前古生界、下古生界	N、Q	未见油气显示
9	西宁盆地	4800	前古生界、下古生界	T、J_{1+2}、E、N	未见油气显示
10	常木错盆地	4800	上古生界、三叠系	E、N	未见油气显示
11	木里盆地	3500	前古生界、下古生界	C、P、T、J、K、N	未见油气显示
12	疏勒盆地	3000	前古生界	C、P、T、J、R 3600	未见油气显示
13	哈拉湖盆地	3000	古生界、三叠系	R	未见油气显示
14	化隆盆地	2800	前古生界、古生界	K、E、N	未见油气显示
15	列里赛盆地	2500	前古生界及花岗岩	R	未见油气显示
16	贵德盆地	1800	前古生界及三叠系	R	未见油气显示
17	哈尔腾盆地	1800	古生界及花岗岩	T、J_{1+2}、K、R	未见油气显示
18	大疙瘩盆地	1600	下古生界及花岗岩	C、P、K、R	未见油气显示
19	乌兰盆地	1500	前古生界、古生界	J、E、N	未见油气显示
20	门源盆地	1100	下古生界	T、J、E	J_{1+2}见油页岩
21	皇城盆地	500	下古生界	C、P、T、K	菜草台K见沥青
22	乌兰湖盆地	155500（包括西藏区内）	二叠系	海相T、J_{2+3}陆相R 6400～9400	J_2见油气显示

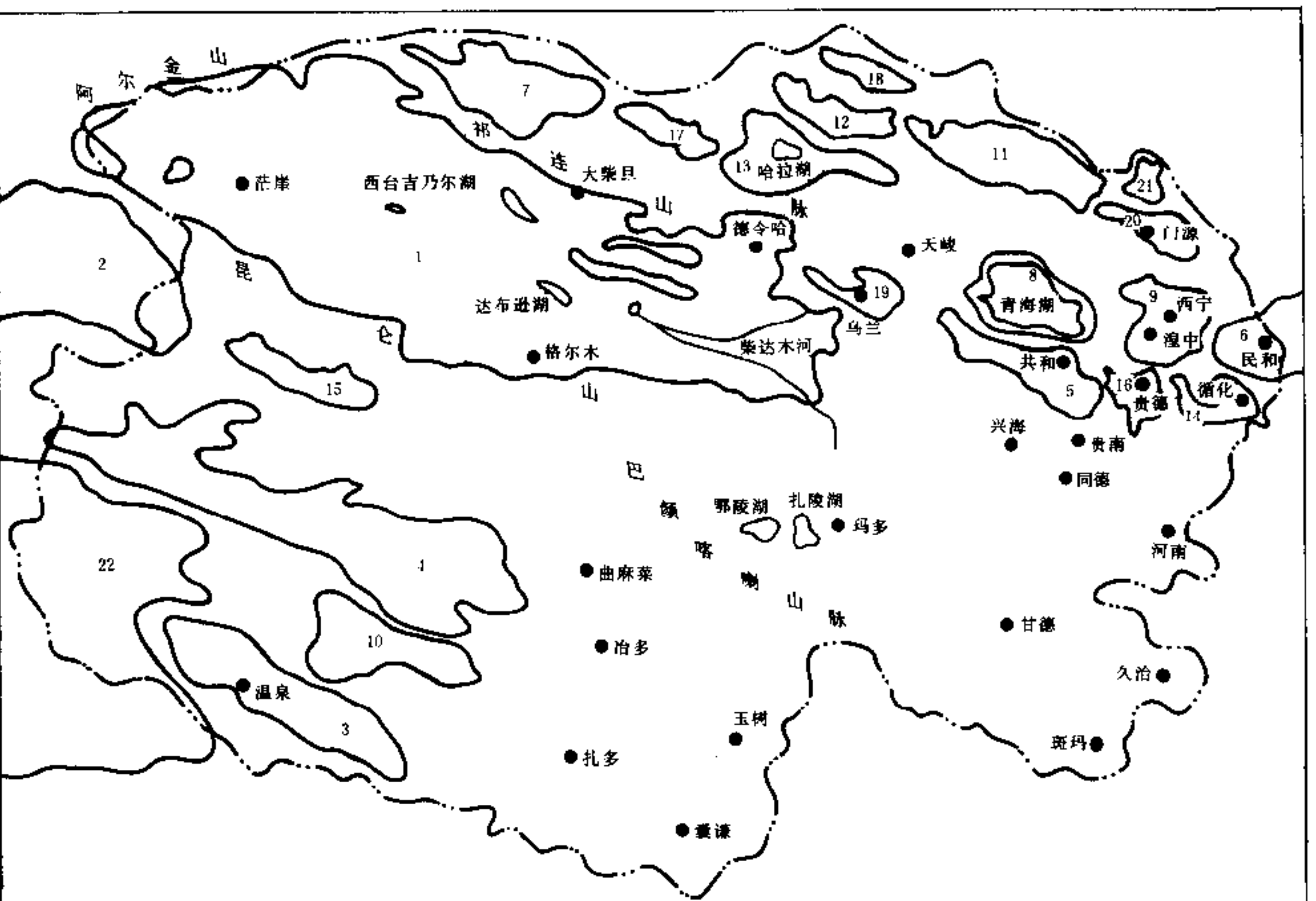


图1-1-1 青海省各沉积盆地分布图

1—柴达木盆地；2—库木库里盆地；3—温泉盆地；4—可可西里盆地；5—共和盆地；6—民和盆地；7—苏干湖盆地；8—青海湖盆地；9—西宁盆地；10—常木错盆地；11—木里盆地；12—疏勒盆地；13—哈拉湖盆地；14—化隆盆地；15—列里赛盆地；16—贵德盆地；17—哈尔腾盆地；18—大疙瘩盆地；19—乌兰盆地；20—门源盆地；21—皇城盆地；22—乌兰湖盆地

柴达木盆地经过30多年的勘探实践，已发现油田17个、气田5个。含油气区主要分布在三个地区：即西部茫崖坳陷含油气区、北缘块断带含油气区和东部三湖新坳陷第四纪天然气区。西部含油气区已经发现有尕斯库勒、花土沟、油砂山、七个泉、咸水泉、油泉子、南翼山等13个油气田；北缘含油气区以冷湖三、四、五号油田为代表；东部第四纪天然气区已发现有涩北一、二号、驼峰山和盐湖等四个气田。

民和盆地含油气区主要分布在巴州坳陷北缘，迄今已经发现有虎头崖油田和海石湾单斜油藏两个小油气田。

一、山系、河流及湖泊

1.山系

柴达木盆地幅员辽阔，山势苍莽，山系主要分布在盆地周缘，高峻的昆仑山脉雄踞于南部，长年积雪的阿尔金山脉耸峙于西北部，壮丽的祁连山脉则蜿蜒于东北部，盆地的形状近似菱形。在盆地东部茶卡附近，昆仑、祁连两大山系的支脉几乎合二为一，形成察汗寺山（又名橡皮山）与青海湖相连；在盆地最西端新疆维吾尔自治区境内昆仑山脉与阿尔金山脉渐趋接近，其间以断层相隔仅为一个十分狭窄的走廊。从宏观而论，盆地地势以西北高、东南低，边缘高、中间低为其主要特征。

(1) 昆仑山脉　昆仑山为我国著名的五大山系之一，西起帕米尔高原东南部，经西藏高原北部、塔里木盆地和柴达木盆地以南而东延，属于柴达木盆地的部分。自西向东又可分为祁漫塔格山及布尔汉布达山两段。

祁漫塔格山为昆仑山自阿克山以东分出的支脉，沿塔里木盆地南缘经库木库里北部与柴达木盆地西南缘相接，延伸于尕斯库勒油田以南的峰峦，海拔可达5000米以上，终年积雪，祁漫塔格山向东至塔尔丁则与布尔汉布达山西端衔接。布尔汉布达山分布于盆地东南缘，层峦叠嶂，海拔可达4700米，但相对高度不过数百米，并且坡度平缓，形成独具特色的4000米海拔以上的高原丘陵起伏地带。香日德河、诺木洪河、格尔木河、那仁郭勒河皆发源于该山而流入柴达木盆地。

(2) 阿尔金山脉　阿尔金山是新疆南部阿克山的分支，沿塔里木盆地的东南边缘经库木库里盆地的北部，依青海省与新疆维吾尔自治区交界向东北延伸，组成柴达木盆地西北部的边缘山脉。山势险峻，常年积雪，海拔4000～4800米。山脉分布比较狭窄，特别是在当金山口附近仅宽30公里。山系自西向东由阿哈堤山、安极尔山、金鸿山和安南坝山组成，出露全长约370公里。

阿哈堤山是柴达木盆地与塔里木盆地的分水岭，由上古生界地槽相绿色片岩及同期的花岗岩组成，地层走向与山脉走向基本一致，各段山体均呈现雁行排列；安极尔山山势西低东高，地形北陡南缓，主要由古生界花岗岩及上古生界的绿色片岩组成；金鸿山组成阿尔金山的中段，走向北东东，北与索尔库里断裂相邻，岩性主要由古生界绿色片岩和同时代的花岗岩组成；安南坝山由阿尔金山北缘的金雁山与安极尔山在索尔库里凹地以东汇合而成，西起拉配泉，东至木子布拉克，还夹杂有元古界片麻岩等组成。

(3) 祁连山脉　蒙语呼天为“祁连”，意指高与天齐的大山。祁连山则以此而得名，主要分布在柴达木盆地北缘一带。

祁连山是由一系列北西方向羽状排列的平行山脉组成的一个复杂山系，中间为一些平行的河谷分开，在柴达木盆地北缘，自西而东主要分布有：赛什腾山、马海大坂山、达肯大坂山、宗务隆山、阿得尔杆山等。山体总的趋势是西部疏散宽广，东部紧凑狭窄，山区内部海

拔4000米以上的高山带约占全区总面积的三分之一，不少地区海拔高达4500～5000米以上，在4500米以上者终年积雪。盆地北缘南坡冰川地形发育，冰碛物见于河谷之间，厚达30米以上。此外，在盆地北部自成孤立狭长山岭的还有绿梁山、锡铁山、全吉山、埃姆尼克山和欧龙布鲁克山。

赛什腾山北有苏干湖含油气盆地，南为德尊马海，山脉南北界线均为断层接触。岩性由元古界片麻岩、上古生界花岗岩、古生界绿泥石片岩、火山岩及绿泥石石英片岩组成；马海大坂山，亦名青山，位于茶卡盆地以北，山脉宽约8～10公里，山顶高度在3500～4000米，山峰交错，割切剧烈，相对高差较大，由元古界花岗杂岩、片麻岩及古生界紫红色砾岩、砂岩偶夹石英岩组成；达肯大坂山为盆地北缘最高的山峦，山脉高度在3500～4000米以上、终年白雪皑皑，冰川地形发育。岩性由元古界眼球状片麻岩及古生界绿泥石石英片岩组成；宗务隆山位于德令哈含油气盆地北部，山势峻峭，奇峰突兀，山脉高达4000～5000米，南缘近山麓处散见成林树木，为盆地唯一林区。岩性由古生界绿色千枚岩、大理岩及绿色板岩、凝灰砂岩组成；阿得尔杆山是宗务隆山向南的一个分支，岩性由下古生界绿色石英片岩、大理岩、硅质灰岩等组成；绿梁山位于盆地东北部大柴旦之南，为马海大坂向南的一个分支，由元古界片麻岩、绿色石英云母片岩及黑云母片麻岩等组成；锡铁山因盛产铅锌矿而得名，峰峦交错，切割剧烈，岩性由元古界花岗片麻岩、绿色片岩及火成岩组成；全吉山为一岛状山，可见震旦系与下元古界呈明显的不整合，岩性为混合岩化黑云角闪斜长片麻岩、斜长片麻岩夹条痕条纹状混合岩，厚达4380米以上；埃姆尼克山走向由北西转为北北西，岩性为志留-泥盆系红色砂岩、页岩和上石炭统砾岩及石灰岩；欧龙布鲁克山为达肯大坂山系向东的一个分支，由震旦系砾岩及石灰岩、硅质灰岩，寒武系页岩、砂岩、石灰岩，奥陶系砂质页岩与石灰岩组成，局部有石炭系砾岩出现。

2.河流

柴达木盆地共有大小河流一百余条，其中流域面积大于五百平方公里，常年有水的河流约四十条。按水系发育情况来说，这些河流均属内陆河。

(1) 河流特点　盆地河流均为内陆河，主要特点有五个：

1) 河流均发源于南北两侧的大山之中，河水主要来源于溶雪和冰川融化水、其次为暴雨和泉水汇集。各主要河流上游沿着高山谷地，下游横切高山峻岭时，峡谷切割强烈，然后流经戈壁沙滩，形成河流或潜河，最后注入湖泊。

2) 河流均分布于盆地周边，形成向心水系。

3) 各河上游处于高山之中，一般坡陡流急，属幼年河谷；中游宽谷曲折，流速渐减，属壮年期；出谷以后，地势趋缓，流速顿减，河水潺缓汇入内陆湖。

4) 各河水源以冰雪为主，受季节影响很大。每年四月解冻以后，高山积雪，逐渐融化，汇集成溪，河水流量渐增。七、八月份为溶雪全盛期，各河水流尤为充沛。八月之后，天气渐冷，溶雪渐少，山区河水封冻，以至完全断流。同时因日温差变化较大，导致河流上午、下午流量亦有显著不同。

5) 一般河流在山区的流程较长，落差较大，且河身弯曲多变。大多数河流分布与构造线不相符合，切割成叠置河。一般下游分支较多，有的河流进入盆地后潜入地下形成潜河。

(2) 主要河流　从盆地整体来分析，东部河流分布较多，西部较少。结合各河流的特点不同，可将盆地的主要河流分为：

1) 长流河　昆仑水系自东而西有都兰河、柴达木河、格尔木河、阿拉尔河等；祁连水

系自东而西有巴音河、塔塔棱河、鱼卡河等。均发源于高山雪峰，支流较多，汇水面积大，水量丰富，流程长，终年有水，且一直注入湖中。平时河水流量0.5～10立方米／秒；若至每年七、八月份，流量可达25立方米／秒，河深最大可达2米左右。少数河流洪水期流量可达500立方米／秒。北部巴音河矿化度低，水质较好，宜用于生活用水和灌溉之用；南部格尔木河、阿拉尔河（见图版一中的照片1-1）及柴达木河流域面积最大者达17800平方公里，河道最长者达468公里。长流河出山之后，有的在冲积扇上形成宽阔的漫流，有的形成汇集段、渗漏段和沼泽段，有的渗入戈壁形成潜流，至下游复出而汇集成河。

2）间歇河　根据河道形态和流水特点分三类：

a.中断河　有铁木里克河、赛什克河、夏肯希里沟河、巴隆河、托拉黑河、诺木洪河等。河道从发源地到盆地中心始终存在，然而平时在上游山地附近和下游草地才有流水，而中间大段戈壁地带，经常处于干涸状态，只有夏季洪水下泻时，整个河道才有流水。大多数中断河下游渗漏严重，水流消失，只有在洪水期才可见到有流水汇入湖中。

b.失尾河　有那仁郭勒河、契盖苏河、温泉河、大头羊河等。这种河流在山地中有流水，出山口后不远便潜没于戈壁砾石之中，河谷形态也逐渐随之消失。只有在雨量丰沛的年份才有流水入湖。

c.干沟　干沟盆地内的临时性水流，如乌图美仁河等。此类河都发源于盆地边缘或盆地内部的山地和丘陵之中，虽然具有河床的形态，但一年四季却极少有水流动，只有在下暴雨或溶雪量大时，支流交错，才形成暂时水流。

3.湖泊

青海省湖泊众多，我国最大的内陆湖——青海湖即位于此。以柴达木盆地来说，大小湖泊共有32个，其中淡水湖2个，半咸水湖6个，盐湖24个，此外，还有一些已经干涸而无湖水的“盐湖”。这些湖泊均位于各低洼地带的中部，由河水汇集而成，在地质成因上均属构造湖，大多数湖泊的长轴方向为北西西——南东东向，与本区主要构造线方向一致。在这些湖泊中，有的湖水清澈见底，碧波荡漾；有的湖面之上凝结着厚厚的盐盖；有的湖内蕴藏着丰富的矿藏；有的湖畔生长着绿茸茸的牧草。其中托素湖和可鲁克湖则生长着茂密的芦苇和水草，每年4～5月，成千上万只候鸟飞来产卵孵雏．特别是尕斯库勒油田附近湖畔的芦苇丛中，每年有上千只白天鹅栖息产卵，是我国少有的珍禽产地。

(1) 这些湖泊就其成因来说，均属内陆性湖泊，可分为以下几类：

1）淤塞湖　如青海湖，以面积较大，含盐较高为特点。

2）冰川湖　如柴达木山顶冰川湖群，一般位于海拔3500米以上，面积较小，含盐度低，周围有冰碛台地及冰碛层为特征。

3）断裂湖群　柴达木盆地北部出现一系列小湖泊如都兰湖，怀头他拉附近的库尔克湖等。

4）盐湖　如察尔汗盐湖、台吉乃尔湖等。

(2) 湖泊特点　柴达木盆地各湖泊均为标准的内陆流域辐射式向心水系，诸河河水皆注入湖中成为湖水之源。同时，盆地湖泊以蒸发量大于降水量和地下水补给量的数十倍为特征，因而一般均为咸水湖，并于湖底或湖边出现许多盐类沉积，其中察尔汗附近盐盖构成著名的“万丈盐桥”，铁路公路修筑其上，火车、汽车飞驰而过，宛如穿行在晶莹透亮的水晶石上，蔚为举世奇观之一。在盆地北部湖泊多为双湖亦名姊妹湖，夏令水大时则两湖连通，冬季枯水期则相互隔开。各湖面积大小不等，面积最大者如东达布逊湖可达360平方公里，

东、西台吉乃尔湖各约200平方公里，而较小者仅只数平方公里。此外，盆地南北湖泊因地区和气候之不同而亦有差异，南部诸湖系源自昆仑山的各河汇集而成，多位于沮洳地带，四周丛生矮草；北部诸湖系源自祁连山各河，因地势较高，四周多为沙丘碱滩。

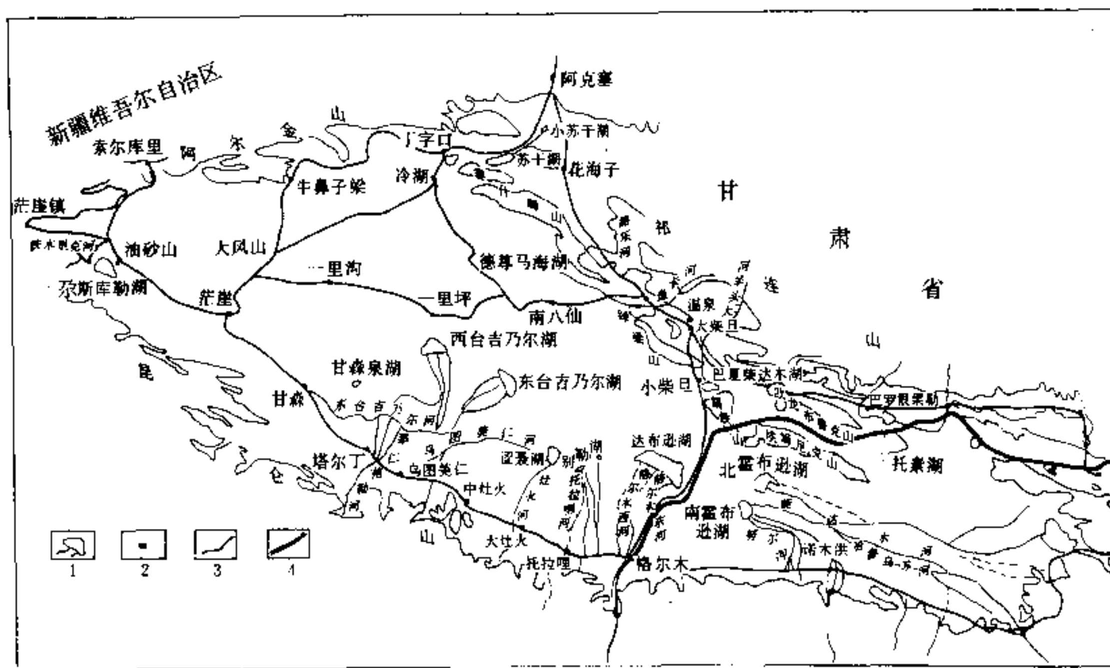


图1-1-2　柴达木盆地交通位置及水系图

1—湖泊及河流；2—城镇；3—公路；4—铁路

(3) 主要湖泊　尕斯库勒湖位于盆地西端低洼地带，其东濒临尕斯库勒油田，面积114平方公里，海拔2780米，水深可达1.7米，一般水深0.5～1.5米，西部、南部河流入口处湖水矿化度较低，湖水面积受注入河流水量季节性变化而时有增减。达布逊湖位于格尔木市之北、格尔木河之终点。盆地仅有的两个淡水湖是可鲁克湖和小苏干湖，可作生活用水和渔场之用，渔业在近十年内已得到发展。苏干湖周围有350平方公里草滩，是良好的冬季牧场。察尔汗盐湖是我国最大的盐湖。依克柴达木湖和巴戛柴达木湖是北部较大的一对姊妹湖。台吉乃尔湖产有丰富的钾盐，湖水中锂、硼、碘、溴的含量也较大。甘森泉湖、那北湖均是那仁郭勒河残存的牛轭湖。冷湖、涩聂湖、尕海子湖底沉积有浅蓝灰色淤泥或含石膏的黑色淤泥，粘性沉积物中有H_2S臭味。此外，较大的湖泊还有托素湖、希里沟湖、柯柯盐湖、昆特依湖和别勒湖。综上所述，柴达木盆地的湖泊海拔最低为2544米、最高为3000米；湖水最深13.3米、浅则仅0.2米，均以湖水矿化度较高为其主要特征。湖泊详情见表1-1-2至1-1-4。

二、气候

柴达木盆地位于我国青藏高原东北部，远离海洋。印度洋和太平洋湿暖气流受喜马拉雅山、唐古拉山和昆仑山脉的阻隔，难以进入境内，因而气候干燥寒冷，少雨多风，冬季漫长，夏季短促，日温差变化大，四季不分明，属于典型的大陆性气候。“春已暮而草始生，秋

表 1-1-2　柴达木盆地湖泊一览表

类别	序号	湖名	湖底沉积物	湖水面积 km²	平均深度 m	流入水系
淡水湖	1	可鲁克湖	腐植质粘土	110	5~13.3	巴音河
	2	小苏干湖	淤泥	1.0	0.5~1	苏干河
半咸水湖	1	尕海	细砂及少量淤泥	37.4	0.2~1	
	2	托素湖	淤泥	140	3~4	
	3	大苏干湖	淤泥	97.5	2.0	苏干河
	4	冷湖	淤泥	2.2		潜水补给
	5	那北湖	淤泥、芒硝	15.0	3.0	那仁郭勒河、甘清河
	6	塔尔丁湖	淤泥	4.0	0.8	甘清河
盐湖	1	茶卡湖	石盐	104	0.2~0.3	茶卡河等
	2	希里沟湖	腐植质粘土及淤泥	19.5	0.5	希里沟河、察汉河
	3	柯柯湖	石膏淤泥及石盐	1.5	0.18	
	4	柴凯湖	石盐	18		
	5	依克柴达木湖	石盐、淤泥	35.9	0.34	野马河、单套河、双源河
	6	巴嘎柴达木湖	石盐、淤泥	35.91	0.26	塔塔林河
	7	德宗马海	淤泥	11	0.15~0.2	马海河
	8	巴龙马海		4.5	0.2~0.25	
	9	北霍布逊湖	石盐、淤泥、亚砂土	80	0.32	柴达木河、素棱果勒河
	10	南霍布逊湖	石盐、亚砂土	16	0.29	鲁乌苏河、努尔河
	11	协作湖	石盐	17	0.05~0.1	全吉河
	12	团结湖	石盐	6		收工河
	13	达布逊湖	南部：粘土、粉砂 北部：石盐及光卤石	210	0.56	格尔木河、跃进河
	14	东陵湖	水氯镁石	7.2	0.02~0.15	地下水补给
	15	小别勒湖	石盐、淤泥、亚砂土	6.25	0.06	清水河
	16	大别勒湖	石盐	7.38	0.18	托拉嘿河、清水河
	17	涩聂湖	石盐、局部为淤泥亚砂土	68.88	0.38	乌图美仁河、大灶火河
	18	牛郎织女湖	光卤石	1.0	0.1	地下水补给
	19	钾湖	水氯镁石、光卤石		0.05	地下水补给
	20	昆特依湖	石盐	1.5	0.06	潜水补给
	21	东台吉乃尔湖	石盐	116	0.6	东台吉乃尔河
	22	西台吉乃尔湖	石盐	82.4	0.3~0.4	西台吉乃尔河
	23	茫崖湖	石膏为主	0.25		
	24	尕斯库勒湖		278.5	0.5~3	阿拉尔河、托斯克雅河

注：本表系摘自中国科学院青海盐湖研究所资料。

表 1-1-3　柴达木盆地主要湖区水化学类型表

湖　区	水化学类型		特征系数				资料来源
			K_{n_1}	K_{n_2}	K_{n_3}	K_{n_4}	
托素湖	硫酸盐型	硫酸钠亚型	0.255	1.12	14.83	3.209	中国科学院甘青考察队
大苏干湖	硫酸盐型	硫酸钠亚型	0.22	1.15	3.04	0.6	中国科学院甘青考察队
小苏干湖	硫酸盐型	硫酸钠亚型	0.01	1.06	3.003	0.03	中国科学院甘青考察队
巴嘎柴达木湖	硫酸盐型	硫酸钠亚型	0.141	3.58	66.36	2.61	中国科学院甘青考察队
茶卡湖	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.004	0.25	20.3	0.33	中国科学院盐湖调察所
茶卡湖（晶间卤水）	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.003	0.21	80.7	1.3	中国科学院甘青考察队
柯柯湖	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.009	0.29	3.05	0.09	中国科学院甘青考察队
柯柯湖（晶间卤水）	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.0005	0.22	122.0	0.27	中国科学院甘青考察队
伊克柴达木湖	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.026	0.48	25.14	1.36	中国科学院盐湖研究所
伊克柴达木湖（第一层晶间卤水）	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.007	0.36	73.57	1.56	青海地质局一队
伊克柴达木湖（第二层晶间卤水）	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.011	0.47	99.83	2.37	青海地质局一队
德宗马海湖	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.013	0.614	7.13	0.15	中国科学院甘青考察队
冷湖	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.004	0.22	1.081	1.021	中国科学院甘青考察队
茫崖湖	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.016	0.60	2.53	0.06	中国科学院甘青考察队
尕斯库勒湖	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.01	0.37	124.0	3.36	中国科学院甘青考察队
一里坪（晶间卤水）	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.008	0.27	22.9	0.71	中国科学院甘青考察队
西台吉乃尔湖	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.03	0.89	5.63	0.23	中国科学院盐湖研究所
西台吉乃尔湖（晶间卤水）	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.0001	0.13	7.66	0.009	青海地质局一队
东台吉乃尔湖	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.025	0.60	34.2	1.42	中国科学院甘青考察队
涩聂湖	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.028	0.176	4.88	0.79	中国科学院盐湖研究所
别勒湖（晶间卤水）	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.03	0.06	7.80	3.85	中国科学院兰州地质研究所
达布逊湖	硫酸盐型	硫酸镁亚型	0.0004	0.028	2.41	0.04	中国科学院盐湖研究所
昆特依湖	氯化物型		0.005	0.03	0.037	0.006	中国科学院甘青考察队
巴龙马海湖	氯化物型		0.017	0.188	0.30	0.028	中国科学院甘青考察队
北霍布逊湖	氯化物型		0.02	0.04	0.16	0.008	青海地质局一队
南霍布逊湖	氯化物型		0.005	0.05	0.16	0.11	青海地质局一队
察尔汗（晶间卤水）	氯化物型						青海地质局一队

注：本表摘自中国科学院青海盐湖研究所资料。

表 1-1-4 柴达木盆地盐湖矿物组合表

盐湖类型		主要盐湖	矿物共生组合
硫酸盐型	早、中期沉积阶段	茫崖湖 尕斯库勒湖 茶卡湖 柯柯湖 那北湖	石膏 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$、芒硝 $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ 无水芒硝 Na_2SO_4、石盐 NaCl 钙芒硝 $Na_2SO_4 \cdot CaSO_4$ 白钠镁矾 $Na_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 4H_2O$ 泻利盐 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 六水泻盐 $MgSO_4 \cdot 6H_2O$
	晚期沉积阶段	大浪滩干盐湖 别勒滩盐湖 达布逊湖	石盐、石膏、钾石盐 KCl 钾盐镁矾 $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 2.75H_2O$ 软钾镁矾 $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$ 钾石膏 $K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$ 杂卤石 $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 光卤石 $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 及泻利盐
	含硼硫酸盐湖	依克柴达木盐湖 巴嘎柴达木盐湖	石膏、芒硝、无水芒硝、钙芒硝 水钙芒硝、$5Na_2SO_4 \cdot 3CaSO_4 \cdot 6H_2O$ 泻利盐、六水泻利盐、白钠镁矾、石盐、 光卤石、柱硼镁石 $MgB_2O_4 \cdot 3H_2O$ 钠硼介石 $NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$ 水方硼石 $CaMgB_6O_{11} \cdot 6H_2O$ 硼砂 $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ 库水硼镁石 $Mg_2B_6O_{11} \cdot 15H_2O$ 多水硼镁石 $Mg_2B_6O_{11} \cdot 15H_2O$ 章氏硼镁石 $MgB_4O_7 \cdot 9H_2O$ 三方硼镁石 $MgB_6O_{10} \cdot 7.5H_2O$ 水碳硼石 $MgCa_2$ ($CO_3 \cdot B_2O_5$) $\cdot 10H_2O$
氯化物型		南霍布逊湖 北霍布逊湖 协作湖 团结湖	石盐 光卤石 水氯镁石 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$

未深而霜已降"就是盆地气候特征的如实写照。

盆地内年平均气温为-1.3℃，一月份气温最低，一般在-13℃左右，最低气温可达-30℃；七月份气温最高，平均10℃，最高气温为30℃。随地势之高低而影响气温的差异，海拔越高，气温越低，平均每上升100米，气温下降0.8℃至1℃。盆地夏季白昼长达16小时，气温变化剧烈，日温差很大，一般为20℃左右，戈壁沙漠地带可达25℃以上，如茫崖日温差为28.7℃。从以上情况来看，盆地之内，虽值盛夏，夜寒凛冽。

盆地降雨量普遍稀少，且大都集中在六至九月份。尕斯库勒油田至茫崖一带年降水量为15.3毫米，冷湖为12.9毫米。盆地常年干旱多风，蒸发量很大，一般超过降雨量百倍以上，茫崖年蒸发总量为2951毫米，冷湖则高达3137.3毫米。气候的另一特点是阳光辐射强，日照时间长，光热资源充裕，年辐射量每平方厘米达160千卡（香日德地区），最高可达180千卡（冷湖地区），仅次于西藏，居全国第二。

盆地内风力资源极为丰富，年平均风期为30天到40天，最长达180天，风向多为西风或西北风，最大风力七至十级，年平均风速每秒3米，冷湖平均风速每秒4米以上，茫崖为每秒5.2米。一般春秋两季风力较大，以三月至五月、九月至十月为风季，最大风速达每秒20米以上，致使风沙迷漫，昏暗难辨。夏季天空晴朗，气温较高，盆地中部中午12时以后多出现旋风，形成直径3~5米高达数十米历时很久的尘柱，颇为壮观。盆地年总云量为五成，这是由于盆地地势较高，空气清彻，大气中水蒸气缺乏，气候干燥，导致云量较少。全年无霜期平均93天左右，诺木洪地区无霜期最长，达200余天。上述情况表明，柴达木盆地是颇有特色的高寒、缺氧、干旱、多风的气候，既有不利的一面，又有有利的方面，对人们的生产生活固然带来很多困难，但取之不尽用之不竭的太阳能、风能亦可为人们提供大量的能源资源。（参见表1-1-5）。

三、地貌特征

柴达木盆地特殊的地貌景观，由其独特的地质和地理条件所决定。各类型地貌之成因，无不与地质构造、新构造运动、岩石性质和各种地质外营力如流水侵蚀、冰雪崩解、风力、蒸发、温度变化等因素有关。盆地地貌从四周边缘到中心地带，约略可依次分为冰川雪峰、山地丘陵、戈壁平原和沼泽湖泊等类型。中国科学院地理研究所按地貌成因类型将盆地地貌分为如下几类：

1.冰川和冰川地貌

盆地周边高山区常见的古冰川地貌有古冰川刻蚀的冰斗、角峰、鱼脊峰、"U"形谷等冰蚀地形，普遍见于昆仑山北坡香日德到那仁郭勒河口及祁连山南坡哈尔扎到阿里木赛因一带。冰川、冰水沉积、终碛、底碛见于大柴旦北温泉沟、达肯大坂山南麓和大油苗构造北翼、可鲁克构造西端、契盖苏山前一带。温泉沟以东冰川堆积物下的第三纪砂、泥岩被严重揉曲，是冰流冲动挤压的见证，地面上常见到巨型砾石和冰川漂砾。盆地四周山地的现代冰川普遍存在，由于当前气候经历着日益变迁的阶段，所以现代冰川处于衰亡退缩过程，表现为局部山谷冰舌冰川类型，如达肯大坂、土尔根大坂存在着四个冰川区，8个冰川群，30多个冰川组，以短冰舌的大冰斗冰川占优势，冰斗悬冰川次之。

冰川最广布的时期是中、下更新世，到更新世后期，规模显著逐渐缩小。有确定地层层位的冰碛层，如可鲁克砾岩形成于Q_1，其余大部分冰水沉积物生成时代，可能为$Q_1 \sim Q_2$。本区第四纪早期冰川是区域性的，比现代冰川分布广泛，如盆地四周山区有山谷冰川或"冰瀑布式"冰川展布即为佐证。

2.山地和丘陵

盆地四周分布有高山（比高为 500～1000 米）、中山（比高约 400 米）和低山（比高有 400～200 米），高山多在雪线以上；中山由干燥作用风化形成，在盆地边缘广泛分布，山坡

表 1-1-5　茫崖地区 1965～1979 年气象资料统计表

年　份	项　目		单位	值
1965～1979	气温	年平均气温	℃	1.4
		最热月份平均温度	℃	13.4
		最冷月份平均温度	℃	−12.4
		极端最高温度	℃	28.6
		极端最低温度	℃	−29.5
1965～1970	降雨量	年平均降雨量	m／m	47.1
		年最大降雨量	m／m	73.1
		日最大降雨量	m／m	11.8
1965～1979	风	最大风速*	m／s	26.0
		冬季主导风向		NW
		夏季主导风向		NW
1965～1970	湿度	平均相对湿度	%	32
		平均绝对湿度	mb	2.2
1971～1979	年蒸发量		m／m	2795.3
1965～1979	冻土深度		cm	229
	最大积雪深度		cm	3
	年日照时数		h	3299.1
	雷暴天数		d	13
备注	室外采暖计算温度　17.2℃			

注：年平均风力为 5.1 级。

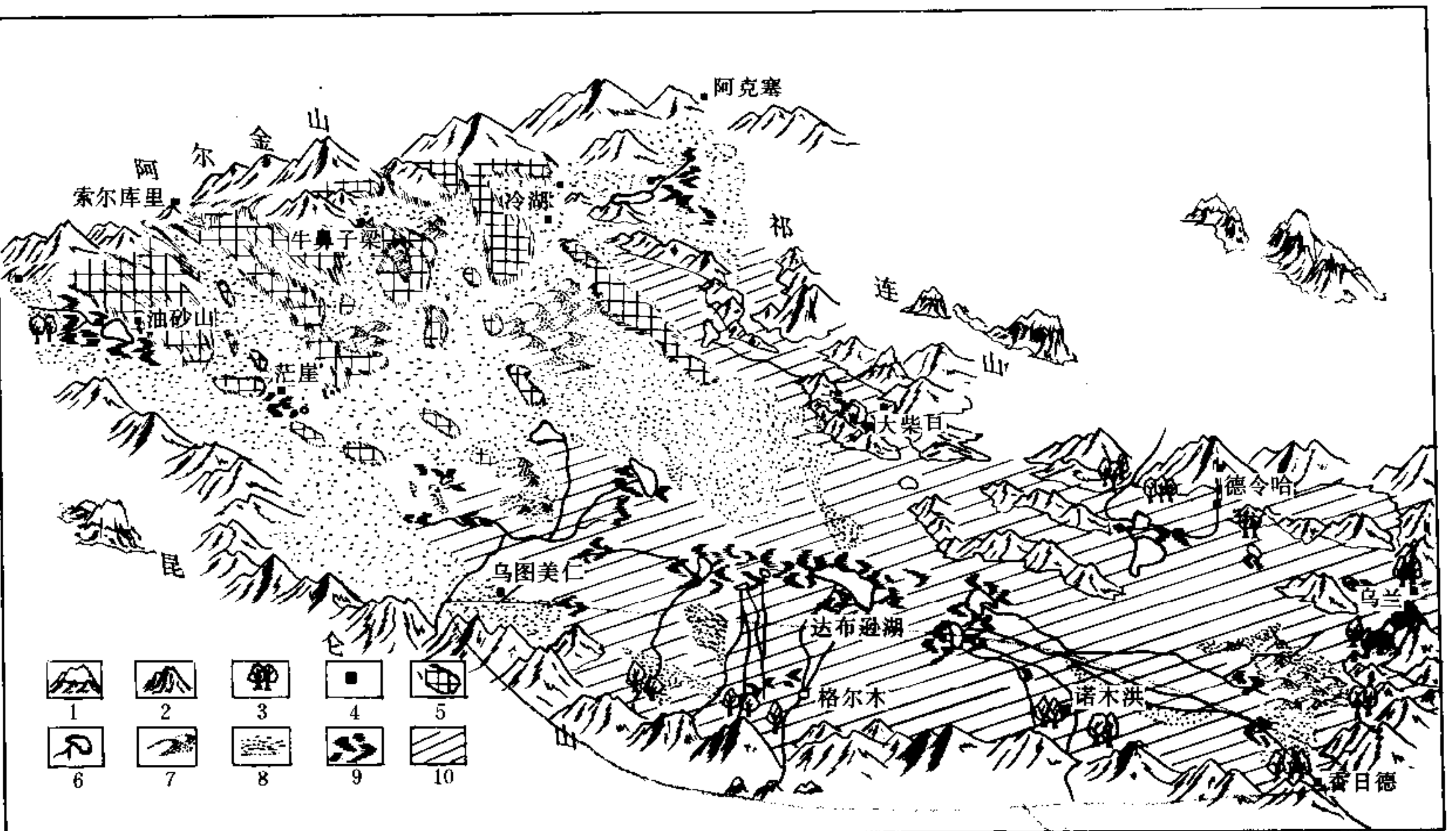


图 1-1-3　柴达木盆地地貌分区图

1—冰川、雪线；2—高山区；3—森林；4—城镇、居民点；5—中山区（3000～3400m）；6—湖泊、河流；7—新月形沙丘；8—沙漠；9—沼泽；10—低山区（2600～3000m）

缺乏植物，岩石裸露；油砂山、狮子沟一带，因受间歇流水和风力切割形成丘陵低山，地形复杂，沟壑纵横，峭壁陡立，给石油地质勘探工作造成很多困难。比高为50～200米的丘陵垄岗，多数为第三纪或第四纪形成的地形，表面树枝状冲沟发育，由间歇性水流切割形成，一般分布在山前地带。有的地形因受季候风切割侵蚀，形成北西西定向性风蚀土丘丘陵，形似覆舟、石柱或蘑菇状，在丘陵、土林堡、鄂博山等构造最为发育。此外，在山地和丘陵之间，有许多闭流型山间小盆地，如马海、香日德、察汗乌苏等地，常常形成板结状草原或可以种植农作物的小块绿洲。

3.戈壁沙漠与平原

盆地在山地和戈壁滩之间为狭长的山麓洪积扇地带，洪积扇一般均有倾角，其大小及切割程度受新构造运动的控制。在盆地南部和西北部有两条断续分布的戈壁滩地带，为第三纪末期至第四纪初期受新构造运动抬升而被夷平后所形成的干燥剥蚀高平原，表面具砾石薄层；分布在冷湖西北、阿尔金山南麓的戈壁滩，是山区受剥蚀而形成的低矮波状平原，表面残积砾石层较厚。风积沙丘主要分布在昆仑山北麓洪积砾石前缘平面上；另在盆地东部冲积平原上亦有分布，与戈壁滩断续接连，大小沙丘连绵，随风流动，迁变无常，往往朝为沙丘，暮为沙滩。整个盆地东西延绵700多公里，主要由新月形沙丘、垄岗沙丘及丛草沙滩地形组成。

平原按成因分为洪积的黄土质粉砂质平原；冲积的砂质、粉砂质、粘土平原或河漫滩；冲积、湖积的砂质、粉砂质、粘土平原，如尕斯库勒湖旁的冲积细砂与湖积粉砂粘土互层即属此类平原；风蚀平原分布在盆地西北部各构造的向斜间，为构造准平原受风蚀而形成；湖沼平原分布在格尔木以西至乌图美仁一带，地表水坑众多，草丛茂盛；盐土平原分布在湖泊的周围，其上草木不生，如盐桥公路两旁的平原可为代表。此外，在构造翼部还分布有风蚀田垅状平原，此类平原上没有被水流切割而成的沟壑，只有因地层内盐分被蒸发到地表以后而结成的很厚的盐壳。

4.沼泽与湖泊

沼泽地带发育在河流下游或湖泊之边缘，草丛广布，水流积潴，盆地各湖泊之边部均有分布，东部、北部尤为发育。有的湖畔为白色干盐滩，此因湖水含盐度高，再经蒸发、浓缩、结晶后露出水面而形成，湖泊涨水季节，仍可伏于水面以下，尕斯库勒湖东南区、台吉乃尔湖滨均有分布。湖泊前已述及，不再赘述。

第二节　矿产资源和工农牧业

一、矿产资源

素有"聚宝盆"之称的柴达木盆地，蕴藏着极其丰富的矿产资源。除石油、天然气之外，还初步探明有34种矿藏，如钾盐、池盐、芒硝、硼砂、石棉、铅、锌、煤、铁、铜、镍、水晶、镁、锂、溴、碘、锆、磷、黄金和放射性铀等。这些矿藏，大多是在五十年代勘探石油的过程中发现的。若就其储量而言，占全国第一位的就有10种之多，如钾盐、池盐、镁、锂、溴、碘、石棉等。随着石油地质勘探工作的日益深入，证实盆地生、储油条件良好，是我国内陆盆地重要的石油基地之一。

盆地的矿产资源，许多是我国所急需和国际市场畅销的，其中尤以钾盐、池盐和石棉等四种矿产具有重要的开采价值。盆地钾盐储量占全国总储量的97%，是柴达木具有特大优

势的矿产资源；池盐仅察尔汗盐湖氯化钠储量达426.2亿吨，居全国第一。铅锌矿主要分布在盆地北部边缘的锡铁山，已探明储量270多万吨，是我国重要的综合有色金属矿区。石棉主要分布在盆地西北端茫崖地区，已探明储量达2300万吨，居全国之首。其它硼的储量仅次于辽宁，金的蕴藏量亦十分丰富。

二、工业建设

柴达木盆地在建国之前无任何工业可言，仅在茶卡盐池有小规模的人工挖掘，产量很低，此外，还有一些只作为农牧业生产的一种补充的初级而为数不多的手工作坊，其产品也大多数是自产自用或以物易物性质的交换。

建国以后，国家十分重视开发柴达木盆地，特别是1954年石油地质勘探技术队伍进入盆地后，进行了大规模的石油地质勘探调查，迄今石油工业已初具规模，至1990年将建成年产石油120万吨、炼油100万吨的生产能力。再如煤炭、石棉、电力、化工、钾肥、有色金属、农机修造、汽车修理、粮食加工、皮革制品等现代地方工业亦蓬勃发展。

三、农业

柴达木盆地东部德令哈、赛什克、诺木洪、香日德一带，海拔一般在3000米以下，水源比较充足，气温也比较适宜，无霜期120～150天，光照条件优越，适宜发展农业生产。但在建国以前，由于地处偏远，交通闭塞以及社会原因和政治状况，开荒务农者人数很少；建国以后，政府十分重视发展盆地农业生产，30多年以来，全盆地耕地面积扩大到70万多亩，比建国初增加近70倍。

按自然条件与土壤分布的关系，柴达木盆地属灰钙土和荒漠土地带，且有部分草甸土、沼泽土及盐土等。若从总体而论，属于盐质荒漠土，给发展农业生产带来一定困难。由于供水条件和土壤盐渍化程度的不同，分为东部荒漠草原灰钙土区和中部、西部荒漠土区。特别是极为干旱的西部荒漠土区，戈壁、流沙、盐滩、碱土大多覆盖地面，是影响农业生产的自然因素。因而油田勘探开发建设的生活供应，完全仰自盆地之外的农业区。

四、牧业

畜牧业是柴达木盆地的主要经济成分，世代居住在境内的蒙古族、藏族、哈萨克族和汉族人民主要经营畜牧业。牲畜品种主要是绵羊，其次是山羊、牦牛、黄牛、马和骆驼。盆地草原面积约9800多万亩，主要分布于东部地区，其中可利用的草原面积为4950多万亩。草原类型主要有草原类、荒漠类、草甸类、沼泽类、疏林类和灌丛草甸类等六种，其中草原类是草场的主体，草甸类次之。盆地气温偏低，无霜期短，但光照时间长，草原辽阔，有利于多种牧草生长。建国以后，推行科学养畜，家畜改良，畜牧业得到迅速发展。

第三节　历史变迁及民族状况

柴达木盆地于建国以前的历史时期，是一个贫穷落后的地方，土地荒芜，人烟稀少；建国以后，在人民政府的领导下，盆地面貌有了根本的改变，特别是新崛起的石油工业，方兴未艾，开拓了工业建设上的新纪元。现将主要有关历史大事述后：

1954年4月　时燃料工业部西北石油管理总局地质局组成柴达木石油地质勘探大队，对盆地开始进行大规模地石油地质勘探。

1955年12月12日　油泉子油田油深1井见到工业油流，发现柴达木盆地第一个油田。

1956年　地质部632队所钻探的F3井喷油，发现冷湖四号油田。

1957年　建立锡铁山铅锌矿。

1958年　青藏铁路动工兴建；建立察尔汗钾肥厂。

1958年9月　冷湖五号地中4井喷油，发现冷湖五号油田。上级决定开发冷湖油田。

1977年10月14日　3288钻井队所钻的跃参1井喷油，发现尕斯库勒油田。

1978年　格尔木飞机场建成通航。

1979年　胜利油田6060钻井队在柴达木盆地打成第一口超深井——旱2井，完井深度6018米。

1982年　火车通至格尔木。

1987年　国家计委批准建设三项工程，并立即动工。三项工程是年产120万吨原油的油田建设；年炼制加工100万吨原油的炼油厂和尕斯库勒油田至格尔木的输油管道。

民族状况　柴达木盆地是一个多民族聚居地，有蒙古、藏、哈萨克、汉、回、土、撒拉等民族。建国前夕，境内人口只有两万四千多人，其中兄弟民族一万六千人。建国以后，盆地各族人民团结友好，安居乐业，生产飞速发展，生活水平不断提高。30多年来，各地汉族人民陆续来到盆地参加工、农、牧、林、渔等各项建设。现在，盆地已达30多万人，相当于建国前夕的十多倍。

第四节　交通及主要城镇

建国以前，柴达木盆地交通闭塞，行路艰难，交通工具十分落后，主要靠骆驼、牦牛、马、骡等畜力，仅有少量大板车。建国之后，随着社会主义建设事业的发展，已初步建成一个以公路为骨干以及铁路、航空和民间运输的交通网，担负着省内外物资交流的主要任务。

一、交通

1.公路

盆地境内共有青藏、敦格、茶茫、敦茫四条公路干线，总长3128公里，加上专用支线和县社公路，合计公路总里程达5934公里。

青藏公路是当今世界上海拔最高的公路之一，起自西宁市，终于拉萨市，全长2034公里，盆地境内长1113公里；敦茫公路横贯柴达木盆地北部与青藏公路遥遥相对，又称北干线，起自甘肃敦煌，终于茫崖，全长437公里，在西部各油田中逶迤穿行，对勘探和开发油田起了很大作用；茶茫公路是一条横贯盆地东西的交通干线，又称中干线，起自茶卡，终于茫崖，全长967公里；敦格公路起自甘肃省敦煌，终于格尔木，全长524公里，是盆地通往甘肃省的又一条重要公路。

2.铁路

1981年，青藏铁路完成第一期工程通车至格尔木市，并与兰青铁路相衔接，西宁至格尔木全长834.5公里。这条铁路对于盆地油田的开发建设以及加强与西藏的经济文化交流，都具有重大意义。

3.航线

1978年，建成格尔木飞机场，每周有班机可东飞西宁、兰州，南飞拉萨。格尔木市已经发展成为联结中国西部各省市的重要交通枢纽。

二、重要城镇

(1) 冷湖镇　是青海石油管理局机关所在地，位于柴达木盆地北部偏西之昆特依湖畔，系盆地北部公路网中心。是1958年发现冷湖油田后新兴的石油工业城镇。

(2) 德令哈镇　是海西自治州党政机关所在地，位于盆地东北部。“德令哈”是蒙古语，意为广阔的金色原野。系盆地内政治、文化中心。

(3) 格尔木市　是青海省本世纪50年代后新兴起的第二大城市，人口达20多万。位于格尔木河畔。是南通西藏，北达河西走廊，东去西宁，西到新疆的交通要冲。“格尔木”是蒙古语，意为河流密集之地。在这里青海石油管理局1900年将建成年炼油百万吨的炼油厂，届时盆地工农牧业等将有更大发展。

第二章 勘探历程

柴达木盆地素有"聚宝盆"之称。尤其是经过三十多年的石油地质勘探，相继发现了一批油气田，更显示了它的矿产蕴藏极为丰富。纵观柴达木盆地的勘探历程，可以毫不夸张地说，是一条开拓者经过艰苦奋斗取得的胜利之路!

第一节 建国前的地质调查工作

一、外国地质学家、地理学家的调查（1938年以前）

最早进入柴达木盆地进行科学考察的是俄国地质地理学家普列热瓦尔斯基(Д.А.Прежевáски)，他于1871年由恰克图出发，经现属蒙古人民共和国的乌兰巴托和我国的张家口到达北京。1872年，由北京抵达青海湖边，并西行到盆地东部；1876年，他再次来盆地穿越西北边缘阿尔金山进行考察；又于1879年，由中俄边境的斋桑斯克出发，越过准噶尔盆地到哈密向南折穿行阿尔金山，最终到达盆地的东部进行第三次考察，并对青海湖水进行了化验分析，说明含有稀有元素铷（Rb）；1883年，他又从乌兰巴托出发，经阿拉善地区进入青海省到达盆地，经过甘森和塔尔丁等地，越过阿尔金山作第四次考察后返回。他工作的主要贡献是初步阐明了西藏高原北部地形发育的梗概，而且对前人所认为的昆仑山地理位置进行了一些修正，他提出昆仑山的主脉是呈一向北突出的弧形，东西两端约在北纬36°，中部向北突出部分位于北纬38°。阿尔金山由主脉分出之处约在东经87°。他并对山系河流、绝对高度、气候、居民、动植物等都做了记载。

1877年以匈牙利公爵斯仍义（Bela Szachenye）为首的东亚考察团，在我国进行了广泛的调查。著有《斯仍义考察团在东亚的考察成果》，共二卷，其中有关地质部分、化石标本及气象方面的论述，有相当部分涉及了柴达木盆地的资料。

1878年至1880年之间，奥地利人洛采（Loucai）曾到柴达木盆地进行过地质考察。

1879～1881年，印度的探险家辛格（Kishan Singn）由印度的大吉岭出发，到达西藏的拉萨区，继续北进横穿柴达木盆地，路经格尔木、达布逊湖、大柴旦、马海等地区到达敦煌，重点考察地理、气象和风俗人情等，对盆地的地质资料提供不多。

1884年，德国旅行家洪堡德（A.V。Humboldt）在他所著的《中亚山脉及气候的比较与研究》一书中提到青海湖附近有大隆起，还谈到它与上游的关系。

1892～1894年，俄国的著名地质学家奥布鲁契夫（В.А.Обручев）曾由恰克图出发，越过大戈壁到达北京，然后西行到祁连山及盆地北部一带进行调查。1902年，他再度到盆地北缘进行了短暂的调查。

1894～1897年，瑞典人斯文海定（Svenhedin）由新疆的和田出发从盆地的西端进入盆地，并到过达布逊湖、格尔木、香日德、青海湖等地区，后东行到西宁。1899年，他又进行了第二次考查，越过祁漫塔克山到盆地西部红柳泉、茫崖地区。

1898～1901年，俄国地理协会组织了以卡兹洛夫（П.К.Козлов）为首的中亚探险队，他们曾到过盆地东部地区，并且在巴隆设立了一个测候点，进行了15个月的气候测量工

作，这是盆地最早的一份气象资料。1907年，他们曾到西藏进行了第二次探险，随行人员中有地质学家阿契诺夫（A.Ачернов）及地理学家纳波可夫（Напалков）等人，他们这一次曾到过青海湖及盆地东端。

1903～1905年，德国一个陆军中尉曾到盆地东部，经托素湖、鄂陵湖到达黄河，沿途除作路线测量以外，还用三角测量制出了46幅图，比例尺1：75000，具有较大的参考和使用价值，是这个地区一份历史上的重要地形资料。

1906年，英国的考古学家斯坦因（G.R.Stein）曾到盆地北缘祁连山西部进行测绘。他这次来华，路过敦煌，曾掠去大量宝贵的莫高窟千佛洞文物。

1920～1922年，我国和瑞典科学家共同组成了中瑞科学考察团，在我国西北地区进行了广泛的地质调查，他们曾到盆地东部巴嘎柴达木、乌兰大阪一带，进行过路线调查。瑞典人布林在托素湖附近采集了一些化石，指出那一带有晚古生代地层及第三纪红色地层分布。

从上述可知，以往这些外国地质学家、地理学家、旅行家和探险家们，虽然多次进入柴达木盆地考察，但对盆地的石油地质调查的论述是很少的。

二、建国前中国地质工作者对柴达木盆地的调查（1938～1947年）

最早发现柴达木盆地石油资源的是旧中国的一些抱有爱国心和致力科研的地质学家们。他们凭借原始的交通工具——骆驼，历尽艰难险阻，作过一些有价值的调查工作，提出过一些关于开发建设柴达木盆地的地质报告。

1938年，曾发现玉门老君庙油田的我国著名地质学家孙健初先生，到盆地的东缘青海湖区做了路线地质草图，对青海湖周围的地质情况，包括地质构造、地层发育和湖的成因，作了一些论述。

1940年，罗文柏为了勘查由青海到西康、云南的公路，曾在盆地东缘作过地质调查。

1946年，李树勋曾随旧中国的青新公路勘测队，自西宁沿盆地南缘到阿尔金山进行观测，路线长1300多公里，写有“柴达木盆地报告”。这一次的任务主要是路线踏勘性质，因此对盆地的自然情况及人文地理方面做了较为详尽的阐述。在地质方面仅粗略地提出：“在甘森东北有高100～200米的砂山，自此北行20多公里，发现沙丘之下的岩层为绿色砂质页岩，偶夹有白色淡水灰岩，并有生物遗迹；西行11公里发现红层建造。按岩性推论，应为中生代末期之产物。扎哈以东为大沙漠，其下部亦为红色地层，为上述地层之另一露头”。在他的论述中，把油砂山东端及甘森东北一带地层，均当作了白垩纪沉积。在该报告中对盆地成因曾略加讨论，对盆地是古陆块之说法表示怀疑。他认为盆地系由于岩层受断裂及火成岩侵入后，再经侵蚀作用而成。

1947年，旧中国经济部青新边区柴达木工矿资源调查队，曾到盆地西北部及东北部进行路线调查。自敦煌向西沿祁连山及阿尔金山北麓，顺青新公路越过阿尔金山至盆地西部扎哈及尕斯库勒湖一带；另一条路线是自敦煌南行越过祁连山至盆地东北部哈尔腾河一带。这次调查后，撰写了“青新边区及柴达木地质矿产报告”，附有该队调查区五十万分之一路线地质图一份。该报告对盆地的构造及地层已有基本的论述。并认为阿尔金山、祁连山为一大地槽，历经加里东、海西、燕山褶皱而成陆、成山。

这次调查中，于1947年12月中旬，他们冒着隆冬严寒终于在盆地西部扎哈以北三十公里，红柳泉以东十五公里处，发现了油砂山构造（周宗浚首次命名）。该队关佐蜀、周宗浚、梁文郁、朱新德、吴永春等撰有《柴达木盆地西部红柳泉油田地质简报》，并述明在红柳泉地区发现地蜡和干沥青、在油砂山构造南部发现厚度达150米的油砂层，并测绘了油田

地质图、构造图及横剖面图，还写出了“对于开发柴达木之建议”一文。在他们的报告中，都谈到油砂山是一个穹窿状背斜构造，并确定该构造是由第三纪地层所组成。这份报告是建国以后1954年派出石油地质勘探队进入柴达木盆地进行石油与天然气勘探的依据。

在建国之前漫长的岁月里，除了上述一些在盆地边缘进行零星的地质路线调查以及得到几份不完整的地质报告以外，限于当时的国情，在柴达木盆地的开发建设上几乎没有任何进展。

第二节　建国以来石油勘探工作的进程和成就

在柴达木盆地有系统地进行大规模的石油勘探和开发工作，是在建国以后才开始的。自从1954年到现在，经历了从小到大、从单一勘探到综合勘探、从始钻探井到采油炼油、从半机械化生产到机械化现代化生产的飞速发展。回顾1954年至今，柴达木的石油工业大体上有四个发展阶段：

一、柴达木盆地石油初探阶段（1954～1959年）

1954年，时燃料工业部西北石油管理总局在西安召开第五届全国石油勘探会议，会议决定：根据1947年关佐蜀、周宗浚等人的地质普查资料，对柴达木盆地开展石油地质勘探工作。当时西北石油管理局地质局立即组成柴达木盆地石油地质勘探大队，下属6个地质队、1个重磁力队、1个三角测量队和1个手摇钻井队共484人，分批进入盆地西部地区尕斯库勒湖至刚察一带进行地质普查、详查、细测及重磁力普查、详查工作。从此，柴达木盆地的石油勘探工作走上了新的阶段。

1954年4月18日，第一批进盆地的70多名石油地质勘探队员，从古城西安出发，5月23日进入盆地。这支石油地质勘探人员平均年龄不到25岁，在毫无社会基础的盆地西部山区，在自然条件极为不利的环境中，进行了极其艰苦的野外石油地质勘察工作。他们风餐露宿，不畏艰险，克服了人们难以想象的困难，有的因迷路献出了宝贵的生命。这一年，一直坚持施工到-30℃的严寒冬季。共完成地质普查3527平方公里，构造细测447平方公里，重磁力普查620平方公里，在阿尔金山南麓的山前褶皱带发现了18个第三系的地面构造和9处油苗。并取得了不少有关盆地西部的地层及其分布、构造形态和油气显示以及储油层、盖油层性质等宝贵资料，对盆地西部的基岩深度、沉积厚度及储油条件亦作了推断和评价，为以后大规模的石油地质勘探工作打下了基础。

在这里特别要提及的是人民解放军，他们不怕艰苦，不畏风寒，配合首批石油勘探队员一同进入盆地，担任着石油地质勘探的警戒任务；同时又协助勘探队员搞好生活并参加地质调查的辅助工作。可以说，1954年柴达木盆地石油地质勘探工作所取得的成绩，都凝结着中国人民解放军的无私贡献。

同年，中央民族委员会西北民族工作组进入盆地中部和西部，对人文、地理、气候、地质情况进行了调查，写有《青海省柴达木盆地自然情况调查综合报告》。报告中的地质部分认为：昆仑山褶皱是一个大的复向斜，而柴达木盆地则是古陆块。

1955年，时燃料工业部西北石油管理总局在1954年取得可喜成绩的基础上，调集陕北四郎庙、青海民和、甘肃酒泉、新疆吐鲁番、广东茂名等地的勘探队伍，进入柴达木，展开更大规模的以地质普查、详查、细测和重磁力工作为主的综合勘探，并选择油泉子探区进行钻探，队伍猛增到4700多人，是1954年勘探力量的10倍。6月1日，青海石油勘探局在

西宁成立，随即确定以地震、重磁力、构造钻井等工种配合17个地质队联合勘探，对盆地西部进行全面的区域调查。其中有9个队在茫崖至油泉子一带、1个队在红柳泉进行构造细测；3个队在阿尔金山南缘进行地质普查；有2个水文队和1个细测队在昆仑山北麓作水文地质调查；此外，还有1个地震队、两个重磁力队及测量队、钻井队等配合工作，通过地质调查，在阿尔金山南麓又发现了大风山、南翼山、大熊山、黑梁子、尖顶山、长尾梁、小梁山、红沟子、咸水泉、红三旱、东平、五顶山、乱山子构造和甘森区土疙瘩、落雁山构造等；并细测了茫崖、东柴山、土林沟、盐山、开特米里克、油墩子、油泉子、盐滩、七个泉等9个构造。先后共发现各种构造99个（包括地质部632队发现的地面构造），完成构造钻井进尺22317.4米、探井进尺32808米。1955年11月24日油泉子构造进行柴达木第一口深井开钻，18天之后，该井在钻进过程中见到工业油流，发现了柴达木盆地的第一个油田。

1955年，地质部成立了柴达木石油普查大队（632队），在盆地进行了石油概查和普查，并写出年终地质总结报告。对全盆地的地质概况、地质构造、大地构造特征和含油气性等，进行了比较全面的分析，同时也发现了一些构造及油气苗，并对盆地的自然、经济地理和技术经济条件等方面也取得不少资料。同年，中国科学院兰州地质研究所和南京古生物研究所也组成综合研究队，在盆地西北部面积约17000平方公里的区域内进行了第三纪地层的划分和对比工作。在工作后期还进行了南自甘森，西北至新疆巴洛土盖，北达阿尔金山东麓，东到马海和大小柴旦、格尔木等地的路线地质观测。11月，青海省政府组成慰问团，并带着省民族歌舞团来盆地慰问全体石油职工，对石油第一线的工作起到巨大的鼓舞作用。

1956年，随着石油勘探形势的发展，青海石油勘探局制定了“区域勘探与重点钻探相结合”的勘探方针，采用多兵种联合作战的方法，综合研究盆地的地质情况，寻找含油有利地区，本着先边缘后中心、先浅后深的原则，在容易见效的构造上布井钻探。局本部从西宁迁到盆地内茫崖，使地处戈壁荒漠的茫崖顿时变成了繁华小镇，当时被称为我国西部景色别致的“帐篷城市”。这一年在盆地西部及中部细测了南翼山、小南翼山、红三旱四号、土林堡、碱石山、鄂博山、黄石、凤凰台、红盘、斧头山、鄂博梁二、三号、巴嘎亚乌汝、伊克亚乌汝、南陵丘、尖顶山、黑梁子、长尾梁、大风山、碱山、冷湖四号等21个构造。同时在全盆地展开了各项测量工作。在甘森、鄂博梁、南陵丘、南翼山、大风山等地区36个构造上分别测绘了地形图。在盆地中部及东部进行了1：20万水文地质普查工作。并在盆地东部进行了1：50万重磁力普查；在盆地中部选择了一些构造进行了1：5万的重磁力细测；对大风山构造进行了地震、电法勘测；对冷湖——鄂博梁构造带进行了重力、地震、电法路线普查；全年共完成构造钻井23317.36米，同时，先后在茫崖、油泉子、油墩子、大风山、冷湖四号、油砂山等构造上进行了深井钻探。1956年，地质部632队所钻探的冷湖F_3井喷油，发现冷湖四号油藏。为了加速科学研究工作，青海石油勘探局成立了中心实验室及综合研究队，初步研究分析了盆地西部第三系的岩性特征、岩相、厚度变化规律及沉积物来源，并根据介形虫、孢子花粉的鉴定成果进行了盆地西部地层的划分与对比。1956年，地质部石油地质局柴达木石油普查大队（632队）组织了17个分队，在盆地北部西起鄂博梁，东至扎布萨尕秀一带的祁连山南坡和冷湖、鄂博梁、大柴旦、德令哈等区，进行了1：20万地质普查和1：5万构造细测。此外，地质部物探局组织了地震、电法、化探等队；水文工程地质局组织了水文地质队，在盆地北部地区内共同配合工作；地质部测绘局进行了全盆地的航空测量，并完成1：5万构造细测区的地形测量1346.5平方公里。地质部地质力学研究室与石油普查大队联合组成专题研究队，着重研究和对比了冷湖、柴旦、德令哈三地区的第三

纪地层，研究了褶皱排列形式及形态、主要断裂的性质及其排列组合关系和新老构造线的关系，研究和分析了各构造形成时间和含油远景评价问题。同时对中生代及其以前的地质构造进行了地面观察。

1957年，青海石油勘探局继续以地质、地球物理、构造钻井等14个队在盆地西部进行构造详查细测、水文地质调查和综合研究等工作。细测了红柳泉、红沟子、小梁山、咸水泉、红三旱一号、九顶山、不整合、馒头山、东平、台吉乃尔、鄂博梁一号、冷湖五号、甘森、土疙瘩、落雁山、红三旱三号、乱山子、黄瓜梁、大沙坪、小沙坪、南乌斯、北乌斯等22个构造，详查了那北构造。至年底基本上结束了柴达木盆地第三系地面构造的细测工作。在构造钻探方面，除了在油泉子、油砂山和冷湖四号构造等三个重点探区钻中深井34口、浅井14口外，并对开特米里克、大风山、南翼山、尖顶山、黄瓜梁、碱山、鄂博梁二号、冷湖五号、鄂博梁一号、红沟子、狮子沟、七个泉等构造，进行了不同目的的钻探，全年总进尺22802.36米。在各井进行电测的基础上，按各井的不同情况进行了油、气、水的测试和分析。先后找到油泉子、开特米里克、油砂山及尖顶山油田。在物探方面：地震完成剖面线122公里，完成条件点10777点；重磁力普查4055公里，详查9211条件点；地面电测401条件点。1957年10月1日，组建了油泉子炼油厂炼出了柴达木第一批石油产品。是日，油泉子炼油厂正式成立。同年，青海石油勘探局中心实验室组成了地层对比、地下地质、地球化学等专题研究队和岩性、岩相分析研究室，分别在盆地进行了第三纪地层对比；分析与研究了第三纪地层岩性岩相变化；大地构造分区及第三系构造发育史；主要探区地下地质，油层物性，油藏类型，油、气、水性质与分布规律等的研究工作。地质部青海石油普查大队632队所钻冷湖F_3井喷油，发现冷湖四号油田之后又继续进行全盆地及周围山系边缘的地质调查工作，利用航空照片填制1：20万地质图，并编制同样比例尺的第四系地质图和地貌图；下半年又组织了第四纪地质及地貌研究队，开始为统一研究盆地的第四纪沉积、地貌发育和新构造运动进行初步尝试。另外，中国科学院地质研究所、青海石油勘探局和地质部青海石油普查大队（632队）三个单位还联合组成柴达木盆地石油地质综合研究队，担任专题研究工作。中国科学院地质研究所主要研究第三纪地层对比和岩相变化，并在盆地北缘路乐河发现了白垩纪的油砂层。

1958年是柴达木盆地石油工业大发展的一年。按照部署，在39个构造上进行了不同目的的钻探，找到了花土沟、冷湖五号、七个泉等油田。地质部632队同年发现马海气田。其中以盆地西部的狮子沟构造花土沟油田和冷湖五号油田产能较高。6月23日，3292钻井队在花土沟构造轴部所钻的花2井完钻后，日喷原油100吨以上；9月13日，1219钻井队在冷湖五号构造一高点地中4井钻达井深650米后，喷出大量油气流，连续畅喷三天喷势不减，日喷原油达800吨左右。这年共钻井287282米，试油289层，采油33325吨。青海石油勘探局还以18个地质队的力量，在盆地西部及东北部等地区分别进行了1：20万及1：10万的地质普查、1：5万地质详查，总勘探面积32497平方公里。通过调查，发现了19个构造（或高点），并对戈壁梁、油砂山轴心、南八仙、鄂博梁一号、大红沟、小柴旦、巴依等23个构造进行了细测。完成了1：20万供水水文及区域水文地质调查面积68558.6平方公里。物探方面共有10个队集中在冷湖、马海和油砂山三个区域，分别进行了重磁力、电法、地震普查、详查及细测，并在上述地区共发现10个潜伏构造。同年，地质部青海石油普查大队（632队），组成了17个分队在北起祁连山、南及玉树、东到察汗乌苏、西至阿尔金山的广大范围内展开外围石油普查及找矿工作。且对柴达木1：20万地质图幅进行了检

查。专题研究方面，对昆仑山、阿尔金山、祁连山地层和第三纪、第四纪地层分别进行了研究和对比，检查和实测了一部分地层剖面，并找到一些新属种化石，对1957年初步建立的地层系统表作了研究和修正，因而对区域地质的了解有了更进一步的认识。中国科学院化学研究所组成了柴达木盐湖科学调查队。该队主要由化验人员组成，并分为二个小队，调查研究了马海、大柴旦及察尔汗等湖盆的发育、物质来源、水文情况等，并对湖盆盐类矿床成因及远景评价提出了初步意见。

1959年元旦，在原青海石油勘探局的基础上，成立了青海石油管理局。局址由茫崖迁到大柴旦。2月20日，冷湖原油首次东运，满载原油的油罐车，越当金（山口）、出祁连，供兰州炼油厂加工。同年管理局集中力量开发冷湖，仅用5个多月的时间，就把冷湖建成了初具规模的石油工业基地，组建了采油、炼油、机修、发电、科学研究等单位。这一年，青海石油管理局局本部从大柴旦迁到冷湖。冷湖油田成为我国当时四大油田（玉门、克拉玛依、四川、冷湖）之一，中国的地图上从此标上了冷湖镇的地名。

二、第二阶段（1960～1966年）为柴达木石油勘探和开发的恢复阶段

冷湖油田建成之后，青海石油职工面临着一场严峻的考验：由于历史原因，我国的国民经济出现了严重困难。在这远离内地，交通不便，自然条件险恶的戈壁滩上，石油职工的生产和生活的物资供应出现紧缺局面。1960年，青海石油管理局实行“缩短战线，调整机构，精减人员，坚守阵地”的方针。为解决生产物资和食物的严重不足，自力更生，走“自己动手，丰衣足食”的道路。根据生产需要自制水泥、、耐火砖、盐酸等产品，基本维持了冷湖油田的正常生产，并取得了大量地质资料，加深了对油田的认识。冷湖炼油厂成品油生产水平、油品质量和轻质油收率亦有所上升。原有那套简陋的“拔头”装置，经改造后还制出了白蜡、石油焦、凡士林、磺化油等产品。上级部门竭力帮助石油职工渡过生活难关。在这三年困难时期内，盆地向省外输送了大批石油技术力量，仅1961年内就调出领导干部、技术干部和技术工人7000多名，支援大庆会战。因而盆地石油队伍从1959年的26072名职工、103个各工种勘探队和38个钻井队到1962年减为7515人，减少了近3／4。在人员减少，设备外调，生活困难的情况下，石油职工还是守住了阵地，保证正常生产，使冷湖油田的石油产品在国家经济困难时期，有力地支援了青海地方用油和西藏部队用油。特别是支援了1961～1962年中印边界自卫反击战的用油需要。

1964年，盆地的经济状况初步好转，凭借极为有限的勘探力量又开始甩开钻探，相继在盆地东部的涩北、鸭湖、达布逊等地布井钻探，3278钻井队在涩北参1井的钻井中相继创造了班进尺432米和用一只刮刀钻头进尺1799.7米的盆地最高纪录，并发现了涩北一号气田。1965年，当年以7个钻井队的力量在马海、大红沟、马海尕秀、小灶火、北极星、盐湖等13个构造或地区进行钻探。根据上级的指示，于第三季度采取“调头西上找资源”的方针，钻探有利的含油地区。10月13日，小梁山和红沟子构造深井开钻，至1966年5月钻探结束，年底又集中力量钻探咸水泉和尖顶山两个构造。1966年6月，青海石油管理局在尖顶山成立了西部勘探指挥部，7月22日，咸水泉构造咸深2井喷油！日喷原油达千吨以上。管理局立即组织力量会战盆地西部，职工人数迅速增加到1700多人，钻机增加到9部，经过地质、钻井、地震、试油、测井等工种协同勘探的结果，基本搞清了尖顶山油田的浅部油藏，发现了咸水泉油田，还找到了尖顶山北区的尖北潜伏构造。这是青海石油工业继发现冷湖油田之后又一次较大的发展。

三、第三阶段（1967～1976年）为盆地坚持勘探阶段

正当柴达木石油职工渡过了国家经济困难时期，再萌生机，出现大好形势之际，却又遇到了波及全国的十年“文革”。“文革”开始，柴达木的石油勘探几乎处于半停滞状态，原油生产和油品加工开始以10%的速度，逐年急剧下降。至1969年，生产秩序才渐趋稳定。

1.发展柴达木盆地西部石油勘探工作

1969年春，管理局决定发展柴达木盆地西部的石油勘探工作，恢复花土沟、油砂山油田的原油生产。这两个油田于50年代曾进行过开发，后由于会师冷湖而停产，此番重返，迅速接通阿拉尔到花土沟30公里长的输水管线，因陋就简，改造利用旧设备，建成一座年加工3万吨原油的小型炼油厂。经过两年的努力，使花土沟油田和油砂山油田的面积分别比50年代后期都有不同程度的增加，原油的生产能力已超过了当时冷湖油田的年生产能力。1972～1973年内，除探明花土沟油田浅、中部油藏的含油面积和地质储量外，并基本完成了上百口开发井的钻探。1976年基本建成年生产原油22万吨的石油基地，并扩大和完善了炼油能力，满足了全局和茫崖石棉矿等兄弟单位用油的需求。在油田建设的同时，并向油砂山深层、咸水泉、七个泉、狮子沟、游园沟高点等地区甩开勘探，发现和落实了后三个构造为具有一定工业价值的小油田。

2.勘探柴达木盆地东部天然气藏

1964年曾在柴达木东部地区，找到过涩北一号气田、马海气田和鱼卡油田。后由于盆地东部大型钾盐矿的发现，为解决利用钾盐生产化肥的燃料问题，根据上级要求，进一步查清东部地区的天然气储量，扩大天然气的勘探成果。1974年，1270钻井队，在盐湖构造进行评价井钻探，共钻井9口，迅速查清了盐湖构造的天然气储量。此后这个队又继续在该区进行参数井钻探，于1975年发现涩北二号气田，还打出了涩中1、涩中2两口高产气井。1976年，管理局调集5个钻井队、1个运输队、3个试气队（包括当年从四川石油管理局调来的试气队）总共1400多人，当年就落实了涩北一号、涩北二号和驼峰山三个构造的含气面积和天然气储量，首次在我国第四纪地层中找到了天然气田，肯定了柴达木盆地东部为一个“第四纪含天然气区”的结论。

3.运用增产措施，提高冷湖油田原油产量

冷湖油田于1958年发现，1959年初步建成综合性石油基地，由于强化开采，至“文革”初期石油产量按年10%的速度迅速递减。为达到稳产，采取老区挖潜、新区勘探和油田注水三项措施。从1971～1972年，青海石油管理局在冷湖四、五号油田上先后进行了压裂措施，原油增产效果明显，有的单井产量可提高10倍；1973～1975年，加强了新区即冷湖三号油田的勘探，扩大了含油面积，冷湖三号油田至1975年原油产量每年达27629吨；同时开展油田注水；冷湖油田因原油采出量较大，致使油层压力迅速降低，1974～1975年，恢复和扩大了冷湖油田的注水开发，促进部分油井产量回升。通过上述三项措施，冷湖油田原油产量达到“文革”初期生产水平，实现了稳产。

在这十年中，青海油田处于恢复阶段，青海局大力支援兄弟油田，抽调各类干部和熟练技术工人2000人分赴江汉、南阳、江苏、辽河、长庆等油田。同时从北京、山东、甘肃、青海、部队录用新职工6000多人（其中大、中专毕业生500多人）充实了生产第一线。

四、第四阶段（1977～1988年）为盆地开创石油勘探新局面阶段

1977年，盆地全体石油职工积极投入了“猛攻深层关，找出大油田”的勘探工作中去。7月25日，32108钻井队在花土沟的北高点所钻的花79井，钻达3103.62米时喷出大量原油，但完井后产量下降，经分析为裂缝储油。这是柴达木盆地3000米以下深层见油的第一

口井，开拓了深层找油的新领域。10月14日，3288钻井队在尕斯库勒湖畔的尕斯库勒潜伏构造上所钻的跃参1井，钻达井深2546米的中新统中上部后见有较好油气显示，在2751米提前完钻，经试油日喷油20立方米；3288队接着钻跃深1井，钻达井深3251米的渐新统下部时发生严重井喷，连续畅喷三天折算日喷原油807立方米。跃参1井、跃深1井相继获得高产油流，预示着一个新的、较大油田的诞生，这是首次用地震勘探方法发现的潜伏构造上获得的高产油藏。1978年的深层钻探，在区域上也有新的发现，除尕斯库勒油田深层获得高产外，还在跃进二号和红柳泉构造的钻探中，也见到了工业油流。

1978年后，根据柴达木石油勘探不断发展的新形势，石油工业部从1979年到1982年，组织了柴达木石油勘探会战，设立了"甘青藏石油勘探开发会战指挥部"，并从山东胜利油田、甘肃玉门油田和石油工业部长途运输公司调来精干队伍进入盆地，汇集28000多人，以迅速增加石油后备资源为目标，以"广探柴西（盆地西部），解剖西南（西部南区），详探尕斯库勒油田"作为勘探方针。调动27个石油钻井队、12个地震勘探队、9个试油队，在柴达木盆地西部的二万多平方公里面积、16个构造和地区，全面开展了石油勘探会战。为进一步加快勘探步伐，1980年，同美国地球资源公司签订了为期三年的柴达木盆地地震勘探服务合同；同时，从法国购买三架直升飞机，用于中美合作勘探。按照合同要求，美方有关技术人员和雇员40多人，组建了3个地震队、1个计算中心和1个管理组，从1981年8月起，陆续开工投产，中方参与合作的有540人。施工区域主要是一些过去在深层得不到资料及地貌复杂（丘陵、沼泽）地区，从而扩大了勘探领域，获得了较好的地质成果。1976年至1985年底找到含油面积73.8平方公里，使累计探明石油地质储量和已找到的含油面积均在原有的基础上整整翻了一番。陆续发现了尕斯库勒油田、跃进二号油田、砂西油田、南乌斯—绿草滩油田、红柳泉油田和狮子沟深部油藏等。在油田建设上，使花土沟形成了一个初具规模的有钻井、采油、炼油等综合配套设施的石油勘探开发新基地。1979年，胜利油田6060钻井队用F−320钻机（钻机设计能力6000米），钻成了柴达木盆地第一口六千米以上的超深井（6018米）——旱2井。地震勘探在过去长期得不到资料的地区取得了资料：1979年发现牛东、鄂南、碱北等五个潜伏隆起；1983年证实9个地面构造的地下有正向构造存在；同时证实存在5条大断裂，发现盆地东部地区有明显的地层超覆和大型的平缓隆起，为钻探提供了更多的找油新领域。在勘探装备方面也进行了更新和换装。过去在钻井中使用的从苏联、罗马尼亚进口的陈旧设备，已换上国产大庆−130钻机和ZJ−45J新型钻机以及能钻6000米的F−320钻机；在地震勘探工作上可控震源、数字地震、直升飞机和电子计算机处理资料等现代技术装备取代了模拟型地震仪、基地回收仪等陈旧仪器；青海石油管理局还从美国引进成套的机械化筑路装备，大多数地区已经换上平整结实的新路面，交通条件大为改善。

在职工生活条件上，盆地石油工人已经结束了50年代睡帐篷、60年代住土窑的历史，石油探区盖起了成套住宅和专供一线工人居住的4层楼房。在花土沟和冷湖建成两个卫星电视转播台，在敦煌石油职工轮休基地栉比鳞次，具有现代化设施的新式楼房已初具规模。职工生活供应也大为改善。

诚然，柴达木盆地的油田位处国内生活和工作条件最艰苦的地区，回顾盆地石油工业的发展，虽历尽艰难曲折，但广大石油职工百折不挠，艰苦创业，使这块我国西部石油探区发生了崭新的变化。青海省各族人民对柴达木盆地石油勘探开发事业十分关注和热情支持，大大加速了盆地各油田建设的历史进程。

第三节 柴达木盆地石油勘探与开发工作进展程度

柴达木盆地石油勘探与开发工作虽然经历了三十多个年头，但是勘探程度还非常不高。从完成勘探的工作量分析，六次以上覆盖的地震测线只有三万多公里；三维地震只进行了16平方公里，这个工作只达到地震普查工作的一半。再从所钻的2874口井来看，大多数是油区里的生产井，区域探井只有380口，探井的平均深度只有一千米左右，平均每263平方公里的范围内只有一口这样的探井。以上两项主要勘探工作的工作量说明了盆地的勘探程度确属相当之低。盆地有180个已经发现的构造，而钻探过的只有91个，仅只钻探了一半。在盆地约10万平方公里的中、新生界沉积面积中，据研究，至少存在着11.67亿吨石油总资源量。有希望找到一定的石油地质储量，但目前所找到的储量与期望值相差较大。因之，尽管柴达木盆地的石油勘探领域十分广阔，而且勘探历程已较长，但从勘探程度分析还是很低的，这亦是今后找油的巨大潜力之所在。为此，只要能够坚定不移地加快勘探，一定会有更大的发现。

根据历年工作量情况，现分别从地面地质调查、测绘工作、地震与地球物理勘探、钻井、试油、测井及油气田开发进展情况叙述于后：

一、地面地质调查

柴达木盆地系统的石油地质地面调查工作从1954年全面开始，到1976年基本结束。20多年中勘探总面积达92700平方公里，获得了大量资料，查明和落实了140个地面构造，总圈闭面积为5119平方公里。

1954～1955年，以区域性地质普查为主的阶段。两年中，完成普查面积15020平方公里，发现构造47个，完成细测构造16个，细测面积2282平方公里。初步建立了地层剖面，在古生代地层中划分出下古生代变质岩系和上古生代地层，在中生代地层中划分出侏罗系、白垩系；在第三纪地层中以西岔沟剖面为标准，自下而上分为马蹄山统、千层山统、红峡口统、宽沟统及小灰山统等五套地层。这五套地层大致相当于 E_3、N_1、N_2^1、N_2^2～N_2^3、Q_{1+2}，其地层总厚度为4624米，以这五套地层为标准，对盆地西部第三纪地层进行了对比。调查了地面油气分布情况，在茫崖区发现15个构造上有油苗分布，并在格斯煤田、冷湖四号、鄂博梁一号及鱼卡等地区都见到油苗，在层位上，侏罗系至第三系均有油苗分布，但以第三系为主。对生、储、盖层进行了初步研究，提出盆地有三套生油层即：第三系马蹄山统、千层山统和侏罗系煤系地层可能为生油层，推测上古生代海相地层亦有生油的可能。对区域构造亦有新的认识，认为盆地的形成与边缘断裂有关，第三纪构造多受基底构造线控制，以北西西方向为主；盆地的构造分为昆仑山前褶皱带、西部中央平缓褶皱带、祁连山前褶皱带、盆地东部三湖坳陷带等四个构造带。指出盆地的含油远景以盆地西部为最大，冷湖区亦应加以重视。

1956～1960年，以三级构造的细测及详查为主。5年中完成盆地三级构造83%的细测和详查工作。调查范围以盆地西部和北部为重点。通过普查又发现三级构造20个，完成详查和细测构造126个。进行了有关地层层序的划分及地质时代的确定工作，包括盆地周缘所见的前震旦纪地层、阿尔金、昆仑和祁连所见的寒武纪到志留纪地层、北缘所见的泥盆纪到石炭、二叠纪地层，以及在诺木洪以西地带所见的中生代地层，在野羊沟及五彩山所见的三叠纪地层，在盆地北缘及阿尔金山南麓所见的侏罗纪地层，在红水沟和犬牙沟所见的白垩纪

地层等。通过沉积岩岩性、岩相变化研究得出：阿尔金山南麓一带 E_3 及 N_2^1 地层主要为山麓沉积，分布很窄；西部南区油砂山一带 N_2^1 时期河流相带分布较宽，砂岩分选较好；从鄂博梁到冷湖构造带 E_3、N_1 及 N_2^1 为不稳定河流相沉积，冷湖五号的物性较好；东部大红沟 E_3 到 N_2^1 河流相带分布最宽可达 30～40 公里，属稳定河流相，砂层连续性好；盆地西部湖盆沉积腹部 E_3～N_2^2，地层主要为巨厚的暗色泥质岩层。对生油层进行的研究，确定了盆地西部 E_3 到 N_1、N_1～N_2^1 两大套生油岩系，盆地北缘中下侏罗统亦具备生油条件。对盆地的大地构造及区域构造有进一步认识：盆地基底除西部为下古生代地层外，其余广大地区的基岩均为前震旦纪结晶岩；盆地西部昆仑山前坳陷地带，中、新生代沉积具有"山前坳陷"性质，并将盆地划分为四个一级构造单元及 22 个二级构造带，即北缘隆起带、茫崖坳陷、达布逊坳陷和德令哈断陷。在含油远景方面，首次提出盆地存在三大含油气区，即以第三系油源为主的茫崖坳陷，以中下侏罗统为油源的北部地区和以第四系为气源的达布逊含气区（即三湖坳陷区），认识到三个含油气区中以茫崖坳陷为最优，其中尤以狮子沟到油砂山一带最为有利。

1961～1976 年，这一阶段没有正式建制的地面地质调查队伍，而是根据需要从地质研究所有关队室抽调人员进行工作。在新生代地层划分和对比及其时代确定方面取得了重大进展。根据介形类标准化石统一了全盆地的第三纪地层分层及第四纪地层划分。初步确定 E_3、N_1、N_1^2、N_2^1 为生油层，冷湖区 J_2^6 地层的部分泥岩也具备生油条件。在大地构造及区域构造方面，首次提出柴达木盆地为"断坳复合"盆地；首次提出"北缘块断带"的新概念，并将盆地进行三分，即北缘块断带、茫崖坳陷和三湖新坳陷三个一级单元。除茫崖坳陷、北缘块断带及三湖新坳陷三大含油气区外，并认为阿尔金斜坡、赛昆断陷带、南八仙基岩隆起和马海平滩潜伏构造、德令哈断陷及埃南斜坡、红三旱四号及鸭湖构造等地区都具有生油条件。

目前，柴达木盆地的石油地质调查，绝大部分已由地面转向地下，但 20 多年的地面地质调查，亦早已作出了历史贡献。

二、测绘工作

1954 年以来，在柴达木盆地进行了广泛的测绘工作，为石油地质调查、油田勘探与开发提供了大量的测绘资料。当时，为适应石油地质调查的需要，测绘工作首先建立以地方坐标（阿拉尔坐标）和高程系为基准的大地原点，向盆地含油地带布设了大量的三角锁网与水准路线，并在盆地的石油地质构造上进行大规模的中小比例尺的地形测量。1956～1958 年，地质部测绘局与国家测绘局相继在盆地布设了一、二等大地控制网。1957 年青海石油勘探局组织力量，将原布设的三角控制网锁与国家控制网进行了联测，保证了 92° 以东地区测量成果的统一。1979 年，石油工业部为了勘探工作的需要，从国外引进了卫星多普勒定位的先进技术及设备。在一些原来未布设控制点的地区，布设了数百个卫星多普勒点位，从而保证了石油勘探工作的顺利进行。与此同时，针对原盆地 92° 以西控制资料存在的问题，利用卫星定位先进技术，对原控制点进行了改造，提高了原点精度，并进行了 92° 两侧控制点的有机联接。自 1954 年起截止到 1985 年，在盆地 12 万平方公里的面积、110 个地质构造区布设了 80 余条共 1751 个二等三角网点；测设水准路线 5874.2 公里，观测接收卫星多普勒点位 525 个，控制了整个盆地构造区的平面位置与高程位置，为各项测量工作的开展提供了准确数据。在石油勘探工作中，地震、重磁力、电法、地质、放射性、化探等工种的测线布设十分重要。据统计，为这些工种服务的测点所布置的导线约有 10 万余公里，其中仅地震勘探敷设导线为 43377 公里；重磁力敷设测点导线 51130 公里，这些导线精度要

求按操作规程进行，历年测点工作都进行验收检查，成果符合要求。

为适应柴达木盆地石油勘探工作需要，1979年从国外引进了卫星多普勒定位这项新技术，原先在盆地西部设立的三等三角控制点，由于尺长问题，致使在92°附近平差前后成果很难衔接，相差可达40～60米，这一矛盾在长达20多年内未能解决，现用卫星定位先进技术解决了原控制点资料中的问题。盆地在1960年以前虽建立了大量的三角控制点，但部分面积内尚属空白，如昆仑山北麓、金鸿山南麓、达布逊、霍布逊两湖地区及地形复杂的高山、大片砂丘及沼泽地带。对这些难以到达的地区，现使用直升飞机布设卫星多普勒点位。为了取得卫星多普勒定位方法，验证卫星定位实测精度，分别在盆地Ⅰ、Ⅱ等三角点上进行了50次卫星有效通过、80次卫星通过的单点定位试验。取得了单点定位中误差正负3.7米的实测精度，又根据设计进行了星形联测、闭合联测、交会联测定位试验。联测定位规定现场卫星有效通过25次，取得了联测定位1～2米的实测精度，基本证实了MX-1502卫星多普勒定位系统的可靠性。并完成了9点14次地心坐标转换参数测定工作，首次建立了边长约为200公里的卫星参数网，为盆地提供《DX-J-CDMPD》地心坐标转换参数，供卫星定位实测使用。解决了盆地西部原三等三角点的质量问题，对11条三等三角锁（200个点）进行了联测定位改造，使原三角点由于尺长问题发生位移60多米，提高到正负1.1米的精度。自1981年起结束了20余年使用地方坐标、高程误差较大的状况，全部测量资料以良好的精度进入全国统一的北京坐标系和黄海高程系。

为了缩短联测距，加强联测的相关性，提高卫星多普勒联测定位精度，分别在尖顶山、茫崖、存迹等地建立了三个中心接收站，观测采用80次卫星通过，并作了图形平差计算。总结制定了《陆上多普勒定位操作规程》（草案），摸索出了一套较为完整的现场施工方法与资料处理计算方法。同时，为了开展对大地水准面形状的研究工作，沿索格、格兰、敦格等三条一等水准线路约50公里的间隔，对21个Ⅰ等水准点进行卫星多普勒定位观测，利用双向观测，证实盆地中部地区一里坪一带，原大地水准面差距值图，由于天文、重力实测资料不足，误差一般在5～6米左右，从而掌握了盆地高程异常值变化资料，有待进一步深入研究工作。为了确定盆地多普勒高程校正量，在原有95个三角点上进行了多普勒定位接收和质量检查，提供了盆地西部北区、涩北、马海、甘森、铁木里克等地区的多普勒高程校正值，供实测定位使用。并在盆地西部地区、西部南区、中部地区、冷湖—马海、涩北、察尔汗、乌图美仁—格尔木及格尔木以东地区新建设卫星点397个。对盆地西部23个地质构造上原设立的4621个图根三角点位，重新进行了平差计算，获得了这些图根三角点的北京坐标系成果，并据此对盆地12927公里的地震测线进行了重新计算与成果资料的编纂，从而获得了全盆地统一的测量资料成果册。通过卫星多普勒定位研究，已提交了卫星多普勒定位试验地心坐标转换参数、多普勒高程研究、坐标系统更换、多普勒定位工作报告等专题研究与工作总结，推进了盆地的测绘工作。

三、物探工作

柴达木盆地地下构造复杂，广大地区被戈壁沙漠所覆盖，为了查明地下构造，各种物探方法得到了广泛应用。柴达木地区的施工条件，由于青藏高原特有的气候、地理和地质条件所决定，属于开展物探工作难度很大的地区。1954年，301重力队首次进入柴达木；1955年，地震队开始用"五一"型光点记录地震仪在红柳泉构造进行反射法和非纵折射法试验。60年代盆地物探工作进展得十分缓慢，进入70年代地震队逐步增加。整个盆地的物探工作，除青海石油管理局物探公司（前勘探处）担负主要施工任务以外，1979～1983年，在甘青

藏石油会战期间，胜利油田和玉门油田都派来地震队工作。此外，地质部和中国科学院也进行过一些物探调查工作。1957年，地质部西方大队205队在大灶火至南八仙、马海、大柴旦地区进行地震折射普查；1961年，中国科学院地球物理研究所在格尔木至锡铁山进行低频地壳测深；1966年，地质部航空物探大队对全盆地进行1∶50万航空磁测普查；1968～1969年，地质部在德令哈地区作过地震及垂向电测深剖面、在埃姆尼克山南麓全吉构造进行地震详查、在诺木洪至香日德一带完成了重力面积详查。自1980～1984年，按照中方与美国地球资源公司签订的地震勘探服务合同，有三种队型的中美合作地震队和一个现场资料处理中心在盆地工作。30多年来，柴达木盆地的物探工作，动用过6个工种，包括15种勘探方法。各种勘探方法都在一定领域内为石油勘探提供了宝贵的资料和试验数据。

1.地震勘探

柴达木盆地的地震勘探工作大致分三个发展阶段：

第一阶段（1955～1971年）　为野外采集直接用于解释的单次光点地震记录阶段，其所获得地震资料质量较差，多数资料只有浅层反射，深层资料基本上还是空白。但对整体评价柴达木盆地的含油远景以及选择有利钻探地区，曾起到过一些作用。如尕斯库勒油田的地下构造，亦是首次在1958年为苏制光点记录地震仪发现，后经模拟和数字地震仪再次落实而确定的。

第二阶段（1972～1981年）　为国产模拟型数字仪用于野外地震勘探阶段。盆地开始采用多次覆盖技术和采用模拟数字回放仪处理资料，在一些地震地质条件较好的地区利用3～6次叠加而获得了较好的地震资料。但由于野外使用的仪器及基地使用的回放仪技术性能较差，所获得的地震剖面分辨率一般还较低。1979年后，甘青藏石油会战期间，抽调胜利油田和玉门油田的力量，对盆地进行地震勘探会战，找到了五个潜伏降起。

第三阶段（1982～1988年）　是以野外采集及室内资料处理数字化的阶段。由于叠加次数大幅度提高，地震剖面的资料质量明显上升，解决了一些在第二阶段无法解决的地质任务。普遍采用了12次、24次叠加，个别地震测线还采用了48、96甚至100次以上的覆盖，剖面的分辨率大有改善。国产DZ663、DZ701型模拟地震仪逐步由法国、美国的BN338HR、MDS−10型数字仪所代替，每个地震队的设备由过去的30多台部一跃而增加到50多台部，加快了野外勘探工作的进度。全盆地展开13条地震大剖面的勘探（已经全部完成7条），为盆地区域地质和构造的认识提供所需资料。在30多年的地震勘探工作中，共完成单次反射剖面9758.8公里，单次折射剖面4664.7公里，多次覆盖剖面34456公里，发现地下潜伏构造40个，发现绿南、昆北逆掩断裂下盘推覆体两个，在发现和落实的地下潜伏构造中，经钻探已证实尕斯库勒、砂西、红柳泉、乌南—绿草滩四个油田，以及跃东、跃进二号等潜伏构造具有油气流或工业油流。特别需要提出的是，自中美合作进行地震勘探后，在石油勘探的速度和质量上都有显著提高。地震勘探的实践充分说明：要发展青海石油工业，必须切实有效地加强地震勘探工作。

2.重力及磁法勘探

柴达木盆地的重力勘探所使用的重力仪主要类型有：德制阿斯卡尼亚GS−9、GS−11，美国西方石油地球物理公司零长式G_4−A_1，我国西安仪表厂所制IS−59−1等重力仪。局部地区使用苏制CH−3和瑞典制诺加特重力仪，但这些地区随后大部分改用高精度的重力仪又重新进行了复测。地面磁测采用德制刀口及悬丝式阿斯卡尼亚磁力仪。重力及磁法勘探的坐标系统1964年以后全部归算为阿拉尔坐标系。自1954～1956年完成全盆地1∶50万重力及

地面磁测普查；1956～1968年基本上完成了详查和部分地区1：5万的细测；1966年，地质部航空物探大队用核子旋进式磁力仪在全盆地进行了1：50万航测普查，主测线线距10公里，茫崖以西线距2～5公里。到目前为止，除英雄岭地区（面积2500平方公里）和苏干湖盆地东南部（面积1500平方公里）以外，其他地区均已达到详查程度，并系统编绘了全盆地多种比例尺的基础资料图及各种解释图件。

重力及磁法勘探的主要成果是查明了盆地边界断裂及主干断裂的分布，定性地划分出基底的隆起区和凹陷区的分布。大部地区的定量解释具有参考价值，在79个构造（包括潜伏构造）发现重力异常及高阶导数异常，其中包括1955年、1957年在西部南区各油田所发现的重力异常，这些异常为发现和探明储油构造起到了重要的作用。涩北地区的重力负异常对涩北气田的发现起到过积极作用。这些重磁力资料亦为研究柴达木盆地的区域构造，提供了颇有说服力的依据。

为配合重力及磁法资料的解释工作，自1955年至1956年，青海石油勘探局成立了一个岩石物性专题研究队。1959年在802队内设岩石物性组，五年中对盆地内地层露头和探井岩芯测定岩石密度、孔隙率、磁化率等标本总数27544块。密度、孔隙度的测定早期用封蜡法，后改用真空浸油法，磁化率用无定向磁力计，通过标准试剂进行比较测定。

3.电法勘探

1956～1963年，共进行了15队／年电法勘探的野外工作，曾在盆地中取得较好的勘探成果。垂向电测深在冷湖三号以北地区查明了基底深度及各导电层的起伏情况。大地电流在马海地区对基岩的解释准确性较高，对马海构造西南翼地层圈闭作出了正确的判断。水文电测工作查明了四个探区潜水面深度以及可能淡水层的分布。由于盆地内地表潜水矿化度很高、电阻率低，基底埋藏太深，雷雨放电很少，这对于垂向电测深和大地电流勘探是很不利的条件。因此，在地震勘探不断发展的情况下，电法勘探还未能得到广泛的应用。

4.航测及遥感

1956～1957年，进行了航空摄影测量，取得了盆地及周围山区1：6万航空摄影相片及西部地区1：27500航空摄影相片。由于柴达木地区天空经常晴朗无云，地面植被覆盖稀疏，地貌基本未受到人为的改造。因此，航空摄影相片不仅展示出地貌和地形图象，而且还能判断出各种地面地质现象。例如：航测相片清晰地、毫无遗漏地反映出柴达木盆地所有140多个地面构造图象以及各构造地面断层线及地层走向线。自50年代至今，航测相片一直是地面地质调查工作中必不可少的资料。近几年来，从国外引进了卫星遥感相片，经判读解释，又发现了一些与断裂有关的“线性异常”和潜伏构造。

5.地球化学勘探

自1957年至1966年，地球化学勘探共有10个队／年的工作量，普查面积达3129平方公里，发现5个放射性异常区和12个异常点。1960～1963年为研究与油藏有关的β射线吸收异常区。1964年成立604队，试图寻找与油藏共生的土壤微生物。上述两项工作均属于试验的性质，未取得勘探成果。

四、钻探、试油、电测

1.石油钻探工作

柴达木盆地戈壁、盐泽、丘陵广布，地表地下条件复杂，加上地下异常高压、多膏盐地层、易斜易坍塌等地质特点，增加了石油钻探的难度，这是柴达木钻井的特殊性。1955年，油泉子油1井开钻，揭开了柴达木钻探的历史，当年动用七部轻便钻机（瑞典B_3，捷

克斯洛伐克 CR1200 等）和一部苏联乌特（УД）钻机，完井 67 口，主要钻探地区在油泉子、油砂山一带。至 1960 年，全局有 50 台钻机，那时仍沿用解放前的一些钻井技术和接受苏联、罗马尼亚的技术援助，同时进行刮刀钻头、取芯钻头的研制、洗井液的使用及其处理井下工程技术措施等，在钻机操作技术上大有改进。

1961～1965 年，为国民经济困难时期，部分队伍又参加了大庆油田会战，柴达木的钻井队伍急剧减少，1961 年钻井队降为 21 个，1962 年又降为 6 个，实际生产的只有 3 个队。到 1964 年立足自己的力量又开展了区域钻探，这一阶段在钻井方面开展了科技攻关活动，从工程管理、生产技术上都得到提高，对第一性资料的收集整理工作有所加强，并组建了工艺室，进行千米刮刀钻头、中途测试、取芯工具、旋转防喷器等的研究和攻关，取得了一些进展。

1966 年 6 月成立“西部勘探指挥部”，全局井队增加到 12 个，1971 年井队总数增加到 17 个，在钻井技术方面注意了总结和提高，恢复和扩大了钻井工艺攻关队伍，并把在基层实习锻炼的 200 多名大专学生抽调到生产、科研、管理岗位上。在冷湖断裂带对复杂深井进行攻关，使用了高矿化度盐水泥浆，改进了套管程序，对钻探长井段高压气水层和坍塌层积累了经验。并对中深钻井中按不同区块选择泥浆柱压力、采用边溢边钻的方法，钻井速度显著提高。亦按不同地区配套使用防斜钻具、刮刀钻头以及在优质泥浆的研究上都有很大进步。1974 年，集中 8 台钻机对冷湖三号油田进行钻探，确保冷湖油田原油稳产。1975 年在盆地东部发现涩北二号天然气田，钻出高产气井，1976 年在当时极为困难的条件下，组织了盆地东部天然气集中钻探。

1976 年之后，盆地的石油勘探出现生机，开始对尕斯库勒潜伏构造进行钻探，此构造位于尕斯湖东侧，地表条件极为复杂，主要是盐壳淤泥。1977 年，钻成跃参 1 进，在中新统上干柴沟组发现了较好的油气藏；随后，又钻成跃深 1 井，在渐新统下干柴沟组的深部发现高压油气藏。继尕斯库勒油田的发现，位于狮子沟构造东北侧向斜的花 79 井，当钻达渐新统下干柴沟组上部，也喷出大量油气流，经研究属裂缝性油气藏。尕斯库勒潜伏构造深层油气藏的发现，是柴达木石油勘探中的一项重大成果。经石油工业部组织领导，以青海石油管理局为主，胜利油田、玉门油田、石油工业部长运公司等单位在青海参加会战。钻井队从 1978 年的 16 个，到 1979 年已增至 27 个，其中 F−320 钻机 7 台、大庆−130 钻机 19 台、2DH−100 钻机 1 台。盆地西部地区的会战为青海石油钻井事业提供了极为有利的发展条件，钻井设备、钻具、车辆及机具都有了一些更新，从物质力量和技术力量上都得到加强，平均钻井深度开始有明显变化，1978 年以前的 23 年中，盆地所钻的井深大于 3000 米的仅 41 口，而 1978 年以后的 7 年中，钻 3000 米以上的深井为 108 口，为前 23 年的 2.6 倍，其中 4000 米以上的深井 27 口，5000 米以上的深井 7 口，1980 年所钻的旱 2 井，井深 6018 米，为柴达木盆地目前最深的一口井。会战进行了三年，由于对全国勘探部署有新的变化，1981 年底部分会战队伍开始调离青海。随之青海石油管理局以 20 个钻井队及钻前、管子、电测、固井、泥浆、器材等单位组成钻井公司，这一阶段是青海石油钻探工作大发展的时期。

30 多年来，钻井工艺技术不断发展，回首 50 年代青海的石油钻井工艺只处在技术上的经验钻井阶段。钻井工艺理论刚刚发展，其工艺技术也未能经受住较长时间的考验。如清水钻井、重压快转、大排量等措施在 60 年代就逐渐被淘汰。至 1964 年之后，青海石油局注重企业的管理和科技发展，钻井工艺进入新的经验钻井阶段，钻机月速提高，并研制成功千米

刮刀钻头、混油钙化泥浆、边溢边钻、整体迁装、设备组装化等方法。深井钻探的水平也有所提高，化工部门为泥浆的处理提供了较多的处理剂，对泥浆性能的控制手段增多，使用的泥浆种类有高钙泥浆、饱和盐水泥浆、聚丙烯酰（后发展为“两聚”泥浆）等，以取代自造浆和劣质土配制泥浆，并采用多种稀释剂、降失水剂、絮凝剂、活性剂的处理，为深井的钻探从泥浆上创造了条件。同时采用盐水泥浆及多层封隔方法，打成了一批深井，在冷湖断裂带打穿了具有高压气水层和坍塌层段的复杂井。1979 年以后，由于推广了喷射钻井、使用国外引进钻头和聚合物泥浆等工艺技术，钻井技术水平有了显著提高。如南乌斯构造参 1 井使用喷射钻井取得成效，标志着钻井工艺已经由经验钻井进入科学钻井阶段，钻井队伍的素质也相应提高很快。甘青藏会战指挥部成立后，对钻机和部分钻具进行换装，如为保证喷射钻井有较好的效率，对大庆-130 钻机的泥浆低压循环系统进行了彻底改造，普遍应用了罐式低压循环系统；又如为保证井控条件的改善，引进了液压封井系统，对盆地普遍存在的异常地层压力的钻井提供了井控条件。由尕斯库勒油田跃 126 井在钻进过程中将“双高”失水降低至较低范围后获得压井成功的实例，使钻井技术工人认识到必须按高温、高压条件及时改善泥浆性能的必要性，为此推广使用了磺化褐煤、磺化酚醛树脂、磺化烤胶等处理剂，开始在深井中形成“三磺”泥浆系列。物质条件的改善使在深井钻探中可以合理选择井深结构，逐步积累了钻超深井的经验。同时用大庆-130 钻机也钻成一批 4000 米以上的深井。

在取芯技术上通过对工具及操作上的改进，可采用短筒、长筒及密闭取芯等方法。1983 年开始广泛使用以喷射钻井为主的成套钻井技术，经济效益有了显著提高，成套技术是指喷射钻井中优选参数、泥浆固控、优质泥浆、高效钻进、长钻铤扶正器、井控技术及装备等六项。由于推广应用六项新技术，钻井周期普遍缩短，以尕斯库勒油田的详探井和生产井为例，钻井周期已从过去的六个月左右缩短了三分之一的时间，钻机月速提高了一倍多。钻井提高效率、成本下降的重要原因是经济体制改革和科学技术的进步，从而使钻井效益得到提高。

2.试油

试油是石油勘探中的重要环节，柴达木盆地的试油工作，是随着钻井工作的进展而相继开始的。从 1955 年到 1970 年为常规试油阶段，其特点是抽吸、提捞法试油。排空深度一般在 1～2 千米，最深达到 1.5 千米，得到的资料只是求到单纯产量及压力、油水性质。柴达木盆地最初的试油队伍是从民和地质大队调入的。1955 年有 1 个试油队、1956 年发展到 4 个，1959 年达到试油高峰，共试油 394 层，至 1960 年发展到 15 个试油队。后因国民经济出现困难等原因，试油队伍和试油层数大为减少。待至 1971～1978 年，又为试油工作的上升阶段，其技术特点是在常规试油的基础上，改造贝乌-40 型钻机作为深井试油设备，增添了 150 型高压压风机，掌握了混气水排液工艺，使排液的速度加快、深度增加。从 1976 年开始在涩北气井进行气举法试气试验和混气水排液，这些方法不但提高了试气的速度和深度，而且减轻了劳动强度。常规试油对超过 1500 米深度的井无法进行排液，而在狮深 16 井试油时，4000 米以下的井段用混气水排液法获得了成功；对于抽吸或提捞无法求产的稠油井，混气水排液法亦可解决试油问题。

从 1979 年到现在，为科学试油阶段，其技术特点为开始试验使用地层测试工具及过油管射孔工艺，进行固定式和可取式桥塞试验工作，以及封隔器分层试油，计算处理地层测试资料等，地层测试工作可以在钻井过程中随时提供井下可靠的多种地层信息，不但可以代替试油工艺，而且还会减少无油井下套管的费用。实践证明，测试一层所需的时间在时效上提

高了5.3倍，费用也大大地降低。另外，地层测试器能尽早获得动态条件下的地层参数，包括地层流体的高压物性、采出量、流动时间、关井时间、随时间变化的井底压力恢复曲线等，还可以根据测试的资料计算出渗透率、井壁堵塞、边界显示、油层压力、日产油气水量、油气比及油水比等油层参数。1980年使用过油管射孔工艺，并在跃23井3866米深层、冷湖深85井3818米深层试油获得成功。这是把油管下到预定深度、射孔后可诱喷或自喷，在自喷井也可做到边喷边射孔的工作，既简化了试油工艺、缩短试油周期、提高试油速度，又能保护油气层、提高油气井的生产能力，目前该工艺已投入正常生产。可回收式桥塞，代替了常规试油中的打水泥塞，从1979年开始引进使用。通过几年的试油实践，说明这种桥塞的密闭性能可靠，大大缩短了试油周期，降低了生产成本，并且能分清较小的层间距离。工作之后取出方便，井下不留塞，利于油田开发。从1955年到1986年底，30多年来完成试油1242口井，试油层组2570层。通过试油证实，其中获工业油流的井642口。

3.测井

1955年，柴达木盆地开始测井工作，到1956年发展到5个电测队、2个气测队和两个射孔队。初期使用的测井仪器均是由苏联生产的，如轻便半自动测井仪、AKC51型全自动测井仪、TKC_2型气测仪等。1956年5月，青海石油勘探局拟定出测井质量标准及评分办法，测井工作质量逐步提高，油气层的解释符合率也不断上升。1957年3月，茫崖成立了测井总站，统一管理全局的测井工作。射孔采用物理方法穿透套管和水泥环，以打开从井筒到地层之间的通道，初期使用的是苏制6型射孔枪，穿透力较差，后来使用苏制鱼雷射孔器，穿透力虽有提高，但仍不够理想。1959年之后，采用国产58–65型火焰喷射器，解决了射孔的穿透性问题。

1957年，在苏联专家的帮助下，开展了放射性测井的试验工作，解决了盐水泥浆自然电位测井问题。1958年9月，冷湖地中4井大量喷油之后，测井工作量增大，并在实践中不断提高技术，1959年与北京石油地质研究院合作开展，屏蔽电极测井、侧向测井和微电极测井，都取得了很好的效果。自制侧向测井仪在盐水泥浆中测井过关，测井曲线清晰，可以划分薄层；自制微电极测井仪，与进口的同类仪器相比优点很多，微电极的幅度差明显，能划分10厘米厚的薄层；绝缘性能好，降低了测井成本，用双示波仪并测，同时记录两条比例曲线，以减少下井次数，缩短钻井周期；组合下井仪器，使井温和流体、井斜和井径、1米顶、底视电阻率与自然电位曲线并测等，提高了经济效益；自制井径腿自动打开装置，提高了测井成功率；自制射孔和测井的井口安装装置，使安装简便化和轻便化；另外，在井壁取芯、盐水泥浆测井工作上，也创造了不少切实可行、能解决生产实际问题的方法。1961年后，随着国民经济困难时期队伍精减、人员下放以及支援大庆油田会战，测井设备和人员大半调走的情况，当冷湖三号油田开发时，测井人员经过努力取得了岩性与电性的必要资料。又如花土沟油田的解释图版，也是测井人员在极其简陋的条件下搞出来的，这一成果曾受到上级有关部门的表彰。至于测井工作的设备换装，比钻井、地震勘探工作略早，曾引进声波幅度测井工艺、多线测井工艺、跟踪射孔仪器、色谱气测仪器，提高了测井工作的速度和精度。

1980年，为了加强盆地西部南区的测井工作，测井总站成立了6个电测小队、3个射孔小队和9个气测小队，设备换装，人员增加，测井效率大有提高。1982年，在西部地区开展同位素吸水剖面的开发测井技术试验获得成功。1983年，在西部地区的两口参数井测井时，因井深超过5000米，井下温度高达150℃以上、压力超过1000大气压，泥浆比重在

2.07～2.15 之间，超过当时井下仪器的耐压耐温负荷指数。测井人员想方设法细致地分析了井下条件和测井仪器各个组成部分的性能，运用对测井仪器电子元件严格筛选，并以高温焊锡焊接组装和抓紧测井操作时间，使仪器在井下工作不超过两小时的措施和方法，成功地用国产测井仪器首次在超过 5000 米深度并且是异常高压、高温条件的井下取得了合格的测井资料。内容有微电极、自然电位、感应、井径、声波时差、中子伽马、自然伽马等 11 种之多。1984 年，引进美国专用电测计算机，为数字测井和成果解释创造了有利条件。30 多年来，柴达木盆地的测井工作从无到有，克服了不少困难，不断发展，为勘探石油资源作出了一定贡献。

五、油气田开发

1.油气田开发概况

根据柴达木盆地油气藏的地质特征，油气田大致可以分为断块油气藏、构造油气藏、构造裂缝油气藏和断鼻油气藏四大类。断块油气藏主要分布在盆地北缘块断带，为已投入开发的冷湖三、四、五号油田，共计含油面积 13.26 平方公里；构造油气藏主要分布在茫崖坳陷第三系含油气区，位于盆地西部南区，包括尕斯库勒、花土沟、油砂山、狮子沟、七个泉、砂西等油田，共计含油面积 93.5 平方公里；构造裂缝油气藏主要分布在茫崖坳陷第三系含油气区，位于盆地西部中区和北区，包括南翼山、尖顶山、咸水泉、油泉子、开特米里克油田，共计含油面积 38.4 平方公里；断鼻油气藏如南乌斯油气田，含油面积约 2.5 平方公里。天然气田主要分布在三湖区第四系含气区，计有涩北一号、涩北二号、盐湖、驼峰山等气田，目前尚未全面展开勘探开发工作。

2.开发历程

柴达木盆地的油气田开发工作，大体上可划分为五个阶段:

第一阶段（1956～1958 年）　为茫崖探区的试采生产阶段。从 1956～1957 年间，先后在油泉子、开特米里克、油砂山、油墩子、茫崖等 9 个构造上钻探，初步探明油泉子、开特米里克、油砂山、尖顶山、南翼山五个油田。在此基础上，1956 年底在油泉子开始进行试油、试采和开发工作。继后，开特米里克、油砂山、花土沟、尖顶山、南翼山都陆续进行试油和试采生产。这一阶段，先后以自喷、抽油、抽吸、提捞方式生产原油 24.44 万吨，从而保证了柴达木勘探和当时茫崖基地的部分用油。

第二阶段（1958～1965 年）　为冷湖油田的详探和开发阶段。1958 年，采用分散广探和重点突破相结合的勘探方针，分别在 39 个构造上展开钻探，找到冷湖三、四、五号，七个泉，鱼卡，马海，盐湖等 8 个油气田。1958 年 9 月 13 日冷湖五号一高点地中 4 井喷油之后，当年冷湖钻井 16 口，有 8 口获工业油流，生产原油 7710 吨。1959 年，集中力量，迅速拿下冷湖油田。当年冷湖油田年产油 23.3 万吨，青海石油年总产量达到 30 万吨，成为当时我国继玉门、克拉玛依之后的第三个石油基地。

第三阶段（1966～1968 年）　为冷湖油田开发稳产、加快西部北区勘探阶段。为了加强西部会战，甩开钻探，1966 年咸水泉华岩山咸深 2 井喷油，间歇自喷产油 1109.6 立方米，至 1969 年基本搞清尖顶山浅部油藏，发现咸水泉油田，找到了尖顶山北区潜伏构造。与此同时咸水泉油田试油生产开井 4 口，生产原油 2368 吨；尖顶山油田试采开发 27 口井，生产原油 20353 吨。冷湖油田开发上做到稳产，并抓紧四号南区、五号北区复杂断块详探开发，使油田年产量稳产在 8 万吨水平。

第四阶段（1969～1977 年）　为冷湖油田挖潜稳产、花土沟油田详探试采阶段。1969

年，恢复西部原油生产，经过两年的钻井、试油详探，使花土沟油田面积扩大到4.6平方公里。至1977年，花土沟油田26口井试采生产，年产油达5万吨。在冷湖油田生产中，为了弥补产量的递减，采用压裂措施，增产原油4524吨。1974～1975年，恢复和扩大了冷湖油田的注水开发，注水能力曾达到日产2510立方米。1976年8月，尖顶山油田试采生产，先后开井28口，1977年产油达到1.57万吨。

第五阶段（1978～1988年） 发现尕斯库勒油田，花土沟油田进入开发阶段。1977年跃参1井发现N_1～N_2^1中、浅油藏，1978年发现深部E_3^1油藏。经过详探，基本探明尕斯库勒E_3^1油藏和中、浅油藏以及砂西油田，探明二级含油面积43.4平方公里。至1987年底，花土沟油田注水开发，年产原油80011吨；尕斯库勒油田经过试油试采，当年产原油485013吨。1987年国家计委批准在青海油田建设三项工程，即到1990年，将完成年生产120万吨原油的油田建设、年炼制加工100万吨原油的炼油厂和尕斯库勒油田至格尔木的输油管道，预期将会对青海、西藏的工农业建设做出较大贡献。

第三章 地　　层

第一节 地 层 概 况

一、地层区划分

柴达木盆地地层依其发育之不同，可划分八个区：即阿尔金山中、东段南坡区，祁漫塔格山区，布尔汗布达山区，柴达木东缘山区，柴达木盆地北缘山区，柴达木盆地西部地区，柴达木盆地中、东部地区和柴达木盆地北部地区（参见图1−3−1）。

二、层系发育与分布特征

柴达木盆地地面地层序列较全，除太古界外，元古界、古生界、中生界和新生界都已出露。其中，最发育的地层是元古界、下古生界、中生界三叠系和新生界。元古界主要出露于盆地四周的山区；下古生界露头多见于阿尔金山东端、宗务隆山南部和布尔汉布达山南坡；三叠系连片分布于布尔汉布达山区；第三系集中分布于柴达木盆地西部地区、柴达木盆地中、东部地区和柴达木盆地北部地区，零星散布在周缘各山区的小盆地中；第四系除大面积覆盖着柴达木盆地西部、北部和中、东部外，其露头也遍及盆地周缘各山区。

柴达木盆地的地层除遭受深度变质而无法判断其原岩所属沉积相类型者外，元古界、古生界和中生界三叠系均以海相为主，间夹少量陆相或海、陆交互相地层；侏罗系、白垩系是以陆相为主，仅在局部地区（布尔汉布达山区的纳赤台附近）见有少量海相沉积；新生界则全为陆相沉积。

上述元古界、古生界地层多半已变质，尤以下元古界的变质程度最深，向上变质程度变轻；中生界的三叠系、侏罗系，局部遭受轻度变质，白垩系及其以上地层均未变质。

从石油与天然气勘探的角度来看，柴达木盆地有三套已知目的层系有：侏罗系（分布冷湖三号 J_2^6；鱼卡油田 J_3^1），第三系（分布尕斯库勒 E_3、N_1、N_2^1、冷湖四号 E_3、冷湖五号 N_1、花土沟 N_1、N_2^1、油砂山 N_1、N_2^1、狮子沟 N_1、E_3、七个泉 E_3、N_2、咸水泉 N_1、N_2^1、油泉子 N_2^1、N_2^2、开特米里克 N_2^2、南翼山 N_2^2、尖顶山 N_2^1 等油田和马海气田 E_3）以及第四系（分布涩北一号 Q_{1+2}、涩北二号 Q_{1+2}、盐湖 Q_{1+2} 和驼峰山 Q_{1+2} 等气田）。前两个目的层系主要含油，后者则是含气层系。另外，石炭系是一个具有一定生油条件的可能目的层系。

柴达木盆地的石炭系有三种类型的沉积：第一种是槽型海相碳酸盐岩—碎屑岩—火山岩建造，见于祁漫塔格山区（厚556～3400米）和布尔汉布达山区（厚达3211米）；第二种是台型海、陆交互相含煤建造，见于柴北缘山区（厚1091～2639米）和布尔汉布达山（下部下石炭统，厚161～491米）；第三种是台型海相碳酸盐岩为主的沉积，见于祁漫塔格山区（245～694米）和布尔汉布达山区（1449～2949米）。

柴达木盆地侏罗系的中、下部为陆相含煤碎屑岩建造，上部是陆相红色碎屑岩建造。中、下侏罗统是生油岩及储集岩所在的层段，以盆地北缘山区和盆地北部地区最为发育，可见厚度大于1759米。

柴达木盆地的第三系均为陆相沉积，是迄今为止区内石油勘探的主要目的层。在盆地西部，下第三系及中新统是主力生油岩系，同时也是主要储集岩系，最大视厚度可达4145

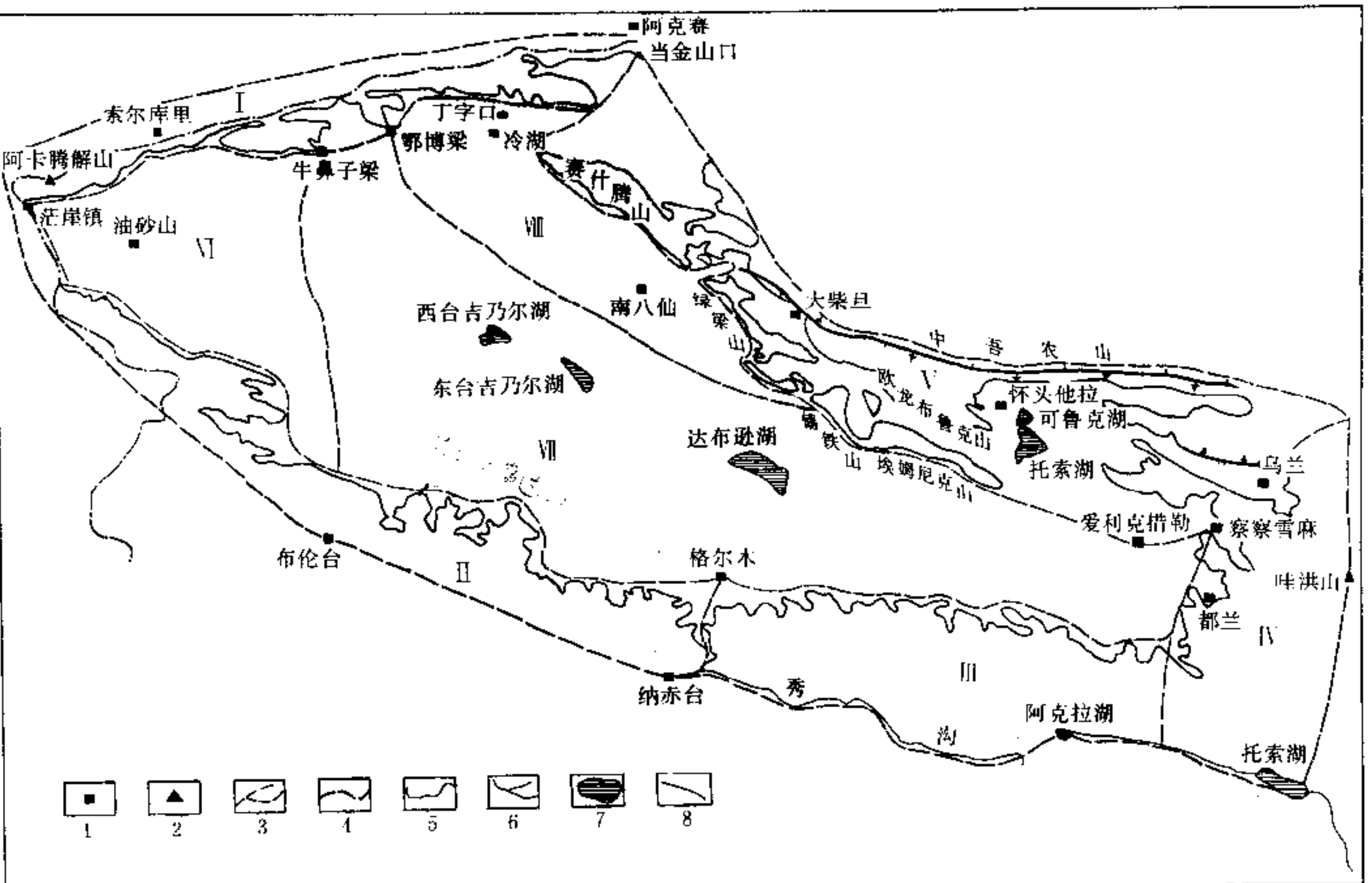


图 1-3-1　青海省柴达木盆地地层区划图

Ⅰ—阿尔金山中、东段南坡区；Ⅱ—祁漫塔格山区；Ⅲ—布尔汗布达山区；Ⅳ—柴达木盆地东缘山区；Ⅴ—柴达木盆地北缘山区；Ⅵ—柴达木盆地西部地区；Ⅶ—柴达木盆地中、东部地区；Ⅷ—柴达木盆地北部地区；

1—居民点或城镇；2—山峰；3—地层区界线；4—省界；5—老山边界；6—河流；7—湖泊；8—断层

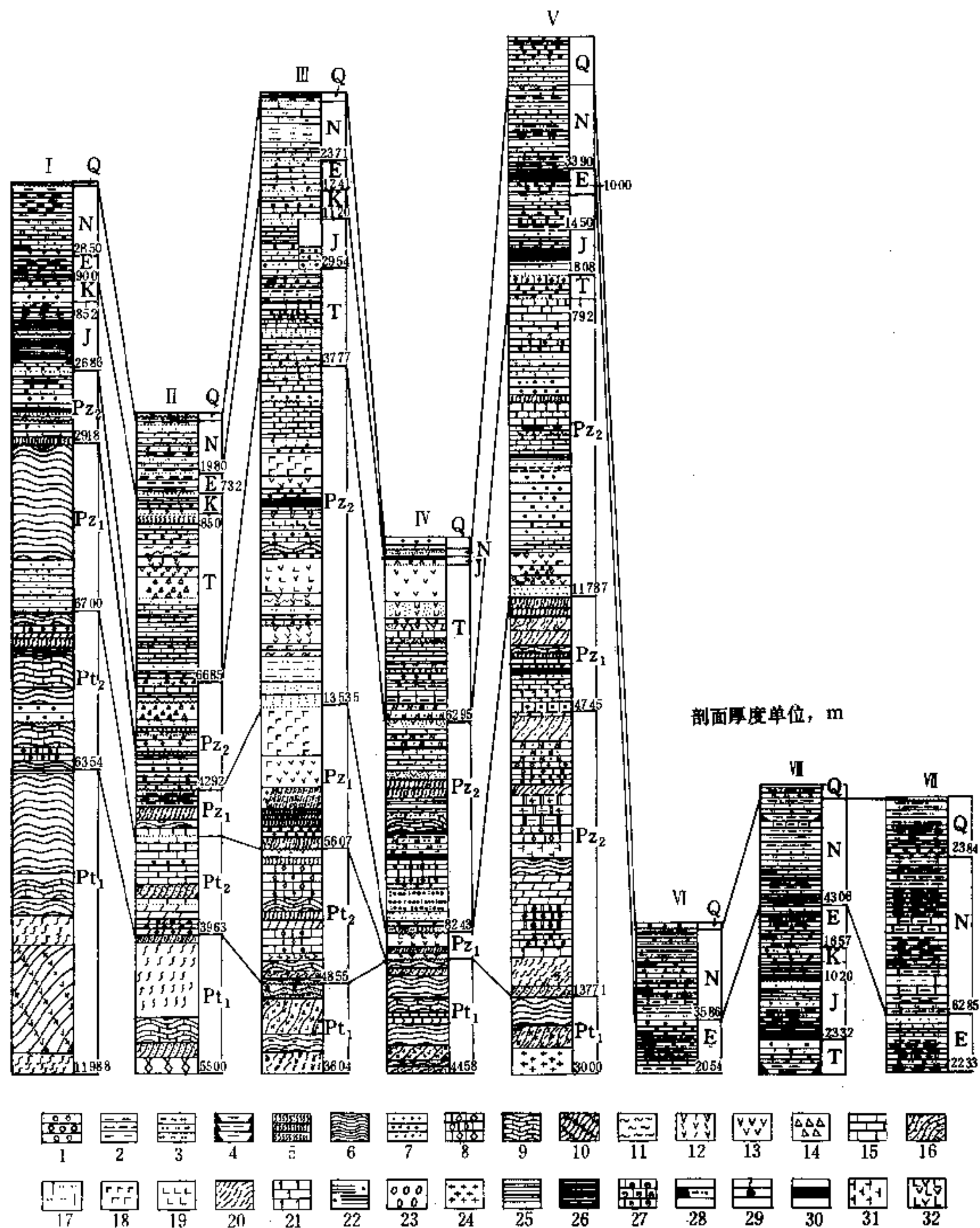


图 1-3-2　柴达木盆地地层柱状对比图

Ⅰ—阿尔金山中、东段南坡区；Ⅱ—祁漫塔格山区；Ⅲ—布尔汗布达山区；Ⅳ—柴达木盆地东缘山区；
Ⅴ—柴达木盆地北缘山区；Ⅵ—柴达木盆地西部地区；Ⅶ—柴达木盆地中、东部地区；Ⅷ—柴达木盆地北部地区
1—砾岩；2—泥岩；3—粉砂岩；4—碳质泥岩；5—板岩；6—片岩；7—砂岩；8—结晶灰岩；9—大理岩；10—片麻岩；
11—流纹岩；12—英安岩；13—安山岩；14—角砾岩；15—石灰岩；16—石英岩；17—灰质粉砂岩；18—玄武岩；
19—煌斑岩；20—绿泥石板岩；21—白云质灰岩；22—砂质页岩；23—卵石；24—花岗岩；25—页岩；
26—碳质灰岩；27—生物灰岩；28—油层；29—气层；30—煤层；31—英安斑岩；32—煌斑安山岩

米。

柴达木盆地的第四系也都是陆相沉积，是区内天然气勘探的主要目的层，在盆地中、东部，第四系地层是气源层、也是储气层，其最大视厚度可达 2925 米以上。

就整个中、新生界而言，柴达木盆地中部一里坪地区最厚，可达 16000 米以上。

柴达木盆地地层对比按地层区发育情况见图 1-3-2。

第二节 分层简述

一、元古界

元古界是本区出露的最老地层，在区内已被进一步划分为下元古界、中元古界和上元古界三大套地层（表 1-3-1）。

1.下元古界

区内下元古界，在阿尔金山中、东段南坡区（以下简称阿尔金山区）为安南坝群，祁漫塔格山区和布尔汉布达山区为金水口群，柴达木盆地东缘山区（以下简称柴东缘山区）为沙柳河群，柴达木盆地北缘山区（以下简称柴北缘山区）为达肯大坂群。

区内下元古界是一套变质程度较深，经历了程度不一的混合岩化作用，由具槽型特点的类复理石建造泥、砂质为主的沉积岩变质而成的结晶片岩、片麻岩系。阿尔金山东端最厚，大于 11988 米，祁漫塔格山东端天台山剖面厚度大于 5500 米，诺木洪以南金水口—跃进山剖面厚度大于 5405 米；在都兰县剖面厚度为 3604 米，达肯大坂山仅厚 2000～3000 米。

区内出露的下元古界均未见底。

在中灶火河出山口侧的金水口群中采到了 *Colonnella* f.和 *Cryptozoon* f.，前者见于疏勒山长城系党河群、青白口系❶多若诺尔山群、后者除在什那干群中也有产出外，还见于中条山区的下元古界滹沱群（中条山群）。

据青海省地质科学研究所资料，在欧龙布鲁克全吉群底部不整合面以下的达肯大坂群片麻岩中，取锆石用铀铅法测定的年龄值为 22.05 亿年，在全吉山、欧龙布鲁克两地上述层位还取角闪石用钾氩法测定其变质年龄值为 15.56、15.65 和 15.8 亿年，又从多罗尔什六五沟白云母矿区侵入于达肯大坂群片麻岩中的伟晶岩钾长石的测定年龄值为 15.63 亿年来看，和上述三个角闪石测定值也很近似。以上资料表明这个岩群的形成时期很可能是距今 22.05 亿年左右，主要变质时期约在距今 15.5 至 15.8 亿年间，其时代划归早元古代比较合适（见图 1-3-2 中之 I）。

人们对区内下元古界的划分与对比，历来有不同意见，近年来也仍有很大分歧。本文暂以陈基娘、王云山的划分资料为依据，把达肯大坂群、安南坝群、金水口群和沙柳河群看成是同时代的地层，全部划入早元古代。

2.中元古界

区内中元古界以变质的碳酸盐岩为主。

盆地南缘山区及北缘山区的东端，下部（大体相当于长城系）见有片岩、混合岩和石英岩，上部（大体相当于蓟县系）见有火山岩。

在阿尔金山区，中元古界只划出蓟县系，厚 1915 米未见顶底，以白云岩、大理岩和结

❶原出处为青白口系和江南系。

表 1－3－1　元古界对比简表

地层系统＼地层分区		阿尔金山中、东段南坡区	祁漫塔格山区	布尔汉布达山区	柴达木盆地北缘山区	柴达木盆地东缘山区	柴达木盆地西部地区	柴达木盆地中、东部地区	柴达木盆地北部地区
上覆地层			下石炭统		下寒武统	下古生界			
上元古界	震旦系	全吉群 索尔库里南山剖面 4439 米	狼牙山群 巴音郭勒河侧狼牙山剖面 2629 米未见顶		布赫特山出露，由云母石英片岩、结晶灰岩、中性火山岩等组成 全吉群		未揭露	未揭露	未揭露
	青白口系								
中元古界	蓟县系	安南坝雪水河剖面 1915 米未见顶底	上岩组，纳赤台东剖面 675 米，未见顶底	冰沟群　都兰县冰沟剖面 4855 米					
	长城系		下岩组，小南川剖面 659 米	由石英岩、云母石英片岩组成，厚度不明					
下元古界		安南坝群 金泉山剖面 5788 米未见顶底 鄂博梁北山剖面厚 6200 米未见底	金水口群 天台山北剖面 5500 米未见顶底	金水口群 都兰县小庙剖面 3604 米	达肯大坂群 总厚约 3000 米	沙柳河群 都兰县北部沙柳河东山及阿尔茨托山剖面厚度大于 2506 米，未见底			
下伏地层									

晶灰岩为主，与下伏下元古界安南坝群为断层接触。

祁漫塔格山区只在纳赤台东侧三道湾以西地区见有中元古界，厚度超过1333.8米，其下部仍以结晶白云岩为主，上部岩性变粗且有火山岩，由白云岩、安山岩、蚀变砂岩、角砾熔岩等组成，与下伏下元古界金水口群间为整合接触。这套地层的下部产有叠层石 *Conophyton? metula* 及 *c.? cylindricum*，经朱士兴鉴定，其时代应为元古代，可能属蓟县纪❶。考虑到这套地层与下伏下元古界金水口群为整合接触，且 *conophyton cylindricum* 是蓟县层型剖面中长城系叠层石代表群形之一，本文暂按长城—蓟县系处理。

往东，在布尔汉布达山区，中元古界可以划出长城系和冰沟群两套地层，前者厚度不明，由石英岩和片岩组成，以不整合覆于下伏金水口群之上，后者厚4855米，是一套具台型特点的浅海相碎屑岩—碳酸盐岩建造沉积，由结晶灰岩、大理岩、变砂岩和板岩组成，在清水河，冰沟群局部以假整合覆于下伏长城系之上，冰沟群中产有叠层石，其中，有 *Collonella discreta*，它是蓟县层型剖面中蓟县系下部叠层石组合代表之一。还有 *Tielingella*，它曾在湟源—兰州蓟县系花石山群和中天山西段蓟县系可可苏群中产出。另外，本岩群上部还产有常见于蓟县系的微古植物，据此，本文沿用1982年埃坑德勒斯特幅区调报告（1／200000）、曹瑞骥等、陈基娘等的划分意见，将其划归蓟县系。

中元古界在柴东缘山区未见出露，在柴北缘山区东部布赫特山一带与上元古界未划分开，本文沿用1981年青海省地质图（1／1000000），笼统划其为未分中—上元古界，它的中、下岩组大体上分别与蓟县系、长城系相当。下岩组厚度大于1606米，主要是混合岩和石英岩，与下伏下元古界达肯大坂群为断层接触；中岩组厚6489米，主要由大理岩、结晶灰岩、白云岩、中性火山岩和片岩组成。

3.上元古界

区内上元古界仅见于阿尔金山区、柴北缘山区和祁漫塔格山区。前两个地区所见者名为全吉群，祁漫塔格山区所见者名为狼牙山群。（见图1—3—2中之Ⅱ）。

阿尔金山区的全吉群是一套厚4439米浅变质的碳酸盐岩和碎屑岩，主要是大理岩、结晶灰岩、白云岩和板岩，夹片岩和变砾岩；祁漫塔格山区的狼牙山群厚2629米变质灰岩为主，夹碎屑岩，该岩群的底部及中部遭受轻度变质，见有石英岩、板岩和千枚岩；柴北缘山区的全吉群厚1347米是典型的台型碎屑岩—碳酸盐岩建造，自下而上由粗变细，再由细变粗，大致呈现出一个由砂、砾岩及石英岩—砂、页岩—碳酸盐岩—页岩—砂、砾岩组成的全旋回沉积，该岩群的中、下部遭受变质并有火山岩（安山岩）喷出。

全吉群在柴北缘山区中部的全吉山一带出露最全（共七个岩组），自下而上为砂砾岩组（430米）、石英岩组（348米）、砂页岩组（178米）、碳酸盐岩组（248米）、页岩组（95米）、冰碛层组（12米）和石英砂岩组（36米）。

全吉群、狼牙山群与下伏中元古界蓟县系的接触关系不明，仅见狼牙山群与下伏冰沟群为断层接触。

全吉群的时代归属是个有争议的问题。

一种意见认为：石英梁组（大致相当于本文的砂页岩组）、红藻山组（大致相当于本文的碳酸盐岩组）和黑土坡组（大致相当于本文的页岩组）所见微古植物中的 *Micrhystridium* 是早寒武世大量出现的藻；黑土坡组所见虫牙化石 *Scolecodonta*，国内最早也只在青海拉脊

---

❶引自"格尔木市幅、纳赤台幅区调报告"（1／20万）。

山的中寒武统中见到；红藻山组所产微古植物组合与我国三峡地区灯影组所见者相似且与上覆黑土坡组生物群的面貌有显著差异。据此，将黑土坡组及其以上的红铁沟组（大致相当于本文的冰碛层组）与皱节山组（大致相当于本文的石英砂岩组）归属于寒武纪早期。青海省地质科学研究所震旦系专题组和青海省地质局区调队都持这一意见。认为黑土坡组、红铁沟组和皱节山组在欧龙布鲁克及大头羊沟缺失，产出的 *kutorgina* sp.含磷石灰砂岩底的假整合（或超覆不整合）是个区域性的接触面，具时代划分意义，且结合考虑黑土坡组碳质页岩铷锶法等时线值 5.9±0.26 亿年等，将该三个岩组仍划归震旦系。

持与后一种意见相同观点的焦淑沛、陈国恩在论证上述三个岩组时代归属依据时指出："震旦系与寒武系的界线，应划在首次出现的小壳动物化石组合的底部。我们考虑全吉群上部三个岩组目前还未采到带壳化石，因此，我们将上部三个岩组仍归入震旦系"。这种划分原则和国际地质科学联合会前寒武系与寒武系界线工作组于 1978 年 1 月在英国剑桥会议上肯定的意见是一致的。

关于全吉群下部砂砾岩组及石英岩组（大致分别相当于麻黄沟组与枯柏木组）的归属，将其划为青白口系—震旦系的下部。

1982 年 8 月国家科委批准执行的中国晚前寒武纪地层分类命名会议决议所附划分简表中震旦系的上、下限参考年龄分别为 600±10 百万年和 800± 百万年。以此为标准，本文在考虑了全吉群所含叠层石的分布资料、页岩组碳质页岩铷锶法等时线值（5.9±0.26 亿年）及将含 *Kutorgina* sp.的层段置于区域性假整合面以上的下寒武统底部等资料后，仍然沿用青海省地层表的划分方案，把全吉群（含七个岩组）划归青白口纪—震旦纪。

全吉群的时代既定，与其层位相当的狼牙山群的归属似也以划入青白口系一震旦系为宜。

二、古生界

1.下古生界

区内下古生界虽然发育，但除柴北缘山区划出寒武系、奥陶系、志留系以及布尔汉布达山区划出奥陶系外，多数地区由于工作程度低而未能分系（表 1-3-2）。

（1）寒武系　仅出露于柴北缘山区，主要是一套台型海相碳酸盐岩建造，底部是碎屑岩建造。

1）下寒武统　出露于全吉山、石灰沟和欧龙布鲁克等地，名为下欧龙布鲁克组。主要岩性为硅质白云岩，夹薄层细砂岩、砂质页岩，中、下部富产核形石。欧龙布鲁克石英梁剖面厚 138 米，全吉山剖面厚约 200 米。呈区域性的假整合或超覆不整合接触覆盖于下伏全吉群的不同层段上。底部含砾石英砂岩中产有早寒武世腕足类 *Kutorgina* sp.。

2）中寒武统　出露于石灰沟、欧龙布鲁克及尕海以东，名为中欧龙布鲁克组。主要岩性为石灰岩，在石灰沟厚 432 米，在龙布鲁克厚 607 米。本组富产三叶虫化石，依据其中的 *Damesella*, *Taitzuia Prochuangshania* 和 *Anomocarella*，可与华北中寒武世张夏组作对比。

上寒武统　出露地点与中统相同，主要岩性也是石灰岩，在石灰沟厚 32 米，在欧龙布鲁克厚 258 米。本组也产三叶虫化石，其中，*Chuangia olongbulukensis* 和 *Kaolishania* sp.（产于同一剖面的本组上部），分别是华北、山东地区晚寒武世中期长山组下部 *Chuangia* 带及顶部 *Kaolishania* 带的化石群成员，本组底部产出的 *Blackwelderia* 则是华北上寒武统下部 *Blackwelderia* 带的主要成员[5, 26]。

依据上述化石资料，本文沿用前人的划分方案，将上、中、下欧龙布鲁克组分别划归

表1-3-2 古生界对比简表

地层分区 / 地层系统			阿尔金山 中、东段南坡区	祁漫塔格山区	布尔汉布达山区	柴达木盆地 东缘山区	柴达木盆地 北缘山区	柴达木盆地 西部地区	柴达木盆地 北部地区	柴达木盆地 中、东部地区
上覆地层			上侏罗统	第四系	第三系	上三叠统	下—中三叠统			
上古生界	二叠系	上统	阿拉巴斯套群 厚1726米		格尔木红上沟— 雪水河剖面1418米	它瓜马日灯剖面899米	德令哈北山厚度 大于4030米	未揭露	未揭露	未揭露
		下统		孔不拉克沟口,厚40米	树维门科—马尔争 剖面厚2268米	芦口组2681米				
	石炭系	上统	多罗尔什西南 250米	上组(四角羊沟组) 下组(缔敖苏组)	浩特洛哇组225米 揩斯兰赶陇组492米	关角牙合北山—落山 北综合剖面831米	宗务隆山群 扎布萨尕秀群764米			
		下统		西汉斯特沟组厚48米	哈拉郭勒群3211米	大海滩、关角牙合综合 剖面2032米	怀头他拉组 1301米			
	泥盆系	上统	阿木尼克组 化石沟剖面942米	哈尔扎组厚1316米	牦牛山组1292米	牦牛山组1799米	阿木尼克组116米 牦牛山组4992米			
		中统		契盖苏群厚2194米						
		下统								
下古生界	志留系		1.丁字口以北 厚6700米 2.平顶山:厚度 大于4280米 3.阿卡腾能山 厚3056米	契盖苏盆地 厚1787米	波洛斯太及敦得沙尔郭勒剖面5607米 纳赤台群2229米	都兰县阿尔茨托山 南坡剖面厚1076米	绿梁山至阿木尼克山1219米 赛什腾上峰以西774米			
	奥陶系	上统					赛什腾群1918米			
		中统					大头羊组161米			
		下统					石灰沟组 多泉山组			
	寒武系	上统					尕海东南2688米 上欧龙布鲁克组258米			
		中统					中欧龙布鲁克组607米			
		下统					下欧龙布鲁克组138米			
下伏地层			元古界	下元古界	中元古界冰沟群	下元古界	元古界 全吉群			

早、中、晚寒武世。

(2) 奥陶系　主要出露于柴北缘山区，除此而外，仅在布尔汉布达山区见有上奥陶统出露。区内奥陶系是一套海相沉积，中、下统是台型碳酸盐—碎屑岩建造，上统在柴北缘山区为优地槽型浅海相的碎屑岩—火山岩—碳酸盐岩建造，而在布尔汉布达山区，则是准地槽型浅海相碎屑岩建造（图1-3-2中之Ⅲ）。

1) 下奥陶统　下部（多泉山组）以石灰岩为主，夹钙质页岩和泥灰岩，欧龙布鲁克一带最大厚度为953米，而据托素湖幅（1/200000）区调报告，欧龙布鲁克山多泉山组厚度可达1379米（其底部厚约85米的白云岩与石灰岩段可能为本文上寒武统的顶部）。上部（石灰沟组）主要由砂质页岩、碳质页岩、页岩和砂岩的互层组成，夹砾状砂岩和石灰岩，仍以欧龙布鲁克最厚（达629米）。关于多泉山组与石灰沟组的时代问题，青海省地质局第一区测队曾以前人的研究成果为据指出：据张文堂、穆恩之等人意见，多泉山组（O_{1d}）所产头足类 *Camerocera*, *Piloceroides* 化石及顶部所产笔石 *Didymograptus hirundo*, *Phyllograptus*, *Isograptus* 等，其时代可与鄂尔多斯桌子山石灰岩及三道坎组（O_1^2）或南方宁国页岩中、下部对比（O_1^2）。另外，其中所产头足类：*Manchuroceras*, *Hopeioceras* 化石，根据中国科学院南京古生物研究所陈均远同志意见，可与北方亮甲山组（O_1^2）比较，时代属早奥陶世中期。……关于中、下奥陶统的分界，前人历来意见不一，本文暂以张文堂、穆恩之等的意见为据，仍把石灰沟组划归早奥陶世晚期。如此则多泉山组—石灰沟组的时代应划归早奥陶世。据青海省地层表和1981年青海省地质图（1/1000000）资料，本统与下伏上寒武统呈假整合接触。

2) 中奥陶统　柴北缘山区的中奥陶统名为大头羊沟组，仅出露在大头羊沟一带，是一套台型碳酸盐岩—碎屑岩建造。以不整合覆于石灰沟组之上。考虑到这个层位关系（不整合覆于下统之上）及 *Armenoceras* 等化石的存在，本文沿用前人的划分意见，将大头羊沟组归属于中奥陶世。

3) 上奥陶统　出露于柴北缘山区者名为赛什腾群；出露于布尔汉布达山区者名为纳赤台群。

a.赛什腾群❶　是一套轻度变质的优地槽型浅海相的碎屑岩—火山岩—碳酸盐岩建造，以绿泥石英片岩、绿泥片岩、大理岩为主，夹中酸性火山岩、斜长斑岩。据青海地层表资料，海合沟厚1918米、滩间山厚3084米，而据马海幅区调报告（1/200000），在该测区内共分五个岩性组，出露总厚大于6125.4米，赛什腾群与下伏中奥陶统未见直接接触，只见其分别与下元古界达肯大坂群及全吉群呈断层接触。赛什腾群所产化石中有 *Brachyelasma* sp., *palaeophyllum qinghaiense*, *Agetolites* 和 *Catenipora gracillis*。根据林宝玉的意见，*Agetolites* 属仅见于我国和苏联的晚奥陶世晚期地层，*C.gracillis* 见于北美晚奥陶世和青海晚奥陶世晚期扣门子组。据此，本文把赛什腾群定为晚奥陶统，但考虑到上述珊瑚化石均系采自赛什腾群的下部，上部未采到化石，故其含志留系的可能性还无法排除。

b.纳赤台群　仅见于纳赤台东北，是一套轻度变质的、准地槽型浅海相碎屑岩建造，由蚀变砂岩、绢云千枚岩和片理化砂岩组成。前人对这套地层的时代划分曾历经变动，青海省地层表将其归人中、上奥陶统纳赤台群的第二岩组。本文从格尔木市幅及纳赤台幅区调报告

---

❶赛什腾群与滩间山群层位相当，同属晚奥陶世，由于赛什腾群命名在先，故采用林宝玉的意见[24]，以赛什腾群一名取代滩间山群。

(1／200000）中的意见，根据其产有珊瑚及腹足类化石，定其时代为晚奥陶世。迄今未见纳赤台群与中奥陶统直接接触，仅见其与元古界呈断层接触。

(3) 志留系　仅见于柴北缘山区的赛什腾山主峰以西，是一套厚度超过774米、以灰绿色为主的轻度变质岩系，无化石资料。考虑到它被上泥盆统不整合覆盖，且与邻区有化石依据的志留系岩性特征相似（不含或少含火山岩及碳酸盐岩），故沿用1981年青海省地质图（1／1000000）中作者的意见，暂将其划为志留系。

(4) 未分下古生界　区内的未分下古生界出露于柴达木盆地周边各山区。在阿尔金山区，丁字口北最厚，达6700米，以绢云绿泥片岩为主；阿哈堤山东侧野马滩以北减薄到4280米以下，下部以安山岩、蚀变中基性火山岩为主，中部以结晶灰岩为主，上部以凝灰质千枚岩、蚀变砂岩、蚀变中性凝灰岩或熔岩凝灰岩为主；阿哈堤山南缘仅厚3166米，以粉砂岩、板岩、千枚岩、中性熔岩、集块岩、砂岩为主。到了祁漫塔格山区，厚度更趋减薄，契盖苏剖面厚1787米，主要是含砂质泥岩、千枚岩或片岩，夹石灰岩、安山岩。布尔汉布达山区的厚度又复增大，波洛斯太及敦得沙尔郭勒剖面厚5607米，主要由蚀变玄武岩、玄武安山岩、千枚岩、千枚状板岩和蚀变砾岩组成。柴东缘山区的厚度比较小，加鲁河幅测区内厚度大于2130米，主要由灰绿色蚀变中性火山碎屑岩、凝灰岩组成。

上述各山区的未分下古生界基本上未采到足以分系对比的化石，前人对其曾有以划泥盆系为主的多种划分意见。1981年青海省地质图（1／1000000）将其全部划为未分下古生界，考虑到阿卡腾能山南缘侵入本岩系的花岗闪长岩年龄为4.27亿年，绿梁山超基性岩体内角闪片岩捕虏体同位素变质年龄4.4亿年，本文也沿用这一处理方案，暂时将其划为未分下古生界。

区内未分下古生界多半与元古界呈断层接触，只是在清水河上游至托索河上游间与中元古界冰沟群呈不整合接触，在祁漫塔格山区的金红山剖面及柴东缘山区的沙柳河一带不整合覆于下元古界之上（见图1-3-2中之Ⅳ）。

2.上古生界

(1) 泥盆系　柴达木盆地出露的泥盆系以上统为主，见之于盆地周边各山区，下—中统不发育，仅见于祁漫塔格山区。

1）中、下泥盆统　区内下—中泥盆统名为契盖苏群，仅出露于祁漫塔格山北缘，契盖苏河西剖面厚2194米，主要由砂质砾岩、板岩、凝灰岩、安山岩和英安岩组成，是一套含火山岩的陆相为主的沉积。该岩组的时代划分缺乏充足的化石资料，仅在其上部见有鱼类*Asterolepiformes*及植物原始鳞木碎片，本文暂按青海地层表作者的意见，将其划归早—中泥盆世。

2）上泥盆统　晚泥盆世的地层广泛出露于柴达木盆地周边各山区，依岩性分上、下两个岩组。下岩组在祁漫塔格山区名为哈尔扎组，在布尔汉布达山区、柴东缘山区和柴北缘山区名为牦牛山组（图1-3-5）。上岩组名为阿木尼克组，只出露在盆地北部边缘的阿尔金山区的东段和柴北缘山区，盆地南部边缘各山区都缺失。

阿尔金山区的多罗尔什以西，出露上泥盆统上部阿木尼克组，厚942米，主要由片理化的陆相碎屑岩和板岩组成。

祁漫塔格山区出露的上泥盆统下部哈尔扎组，在哈尔扎剖面厚1316米未见底，主要由灰色、灰黑色的火山角砾岩、凝灰岩、板岩、粉砂岩和安山岩组成，是一套海、陆交互相的火山岩—碎屑岩建造，向东至“五一”河上游一带增厚为1500～3000米。

布尔汉布达山区的上泥盆统只出露下岩组牦牛山组，依岩性可分上、下两个岩段，下部为碎屑岩段，上部为火山岩段：托拉沟剖面碎屑岩段厚1980米未见底，主要由蚀变粉砂岩、凝灰质粉砂岩、含砾砂岩和火山角砾岩组成，上部火山岩段厚1292米，顶不全，主要由英安岩、安山—玄武岩和流纹岩组成，上、下两岩段总厚超过3272米，是一套陆相红色碎屑岩—火山岩建造。

柴东缘山区也只出露牦牛山组，厚1270～2057米，夏日哈东山剖面厚1798.4米未见顶，主要由蚀变凝灰质砾岩、中—酸性凝灰岩、熔岩凝灰岩和含凝灰质砂、砾岩组成，是一套含较多火山碎屑物以至火山岩集中于上部的陆相磨拉石建造。

在柴北缘山区（图1-3-2中之Ⅴ），上泥盆统下岩组牦牛山组在横向上变化很大：在牦牛山剖面，下部具磨拉石建造特征的陆相红色碎屑岩建造，上部是火山岩建造，由安山岩、安山熔岩集块岩、含砾安山熔岩凝灰岩等组成，上、下两部分总厚达4992米；扎布萨尕秀至柴凯湖南一带厚度减薄，一般为1376～1740米，厚者超过3348米；达达肯乌拉山厚1742～2168米，以砂板岩为主，夹中性火山岩及海相白云岩（产出珊瑚化石）；阿木尼克山厚度超过4447米，由中酸性火山岩、千枚岩等组成；柴北缘山区的阿木尼克组厚度变化也比较大，总的变化趋势是由西向东变薄，在独龙沟剖面厚1724米，阿木尼克山剖面仅厚116米●，是一套灰绿、灰紫色碎屑岩建造，由山麓相—湖相的碎屑岩组成。

柴达木盆地周边各山区的上泥盆统与下伏下—中泥盆统间未见直接接触，但可见其与更老地层间呈不整合接触关系：在阿尔金山东段的多罗尔什，阿木尼克组不整覆于未分下古生界上；在祁漫塔格山区，哈尔扎组普遍不整合覆于未分下古生界之上，在四角羊沟以东还可见其不整合覆于元古界之上；在布尔汉布达山区，阿木尼克组与下元古界金水口群呈不整合接触；在柴东缘山区，阿木尼克组不整合覆于未分下古生界之上；在柴北缘山区，下伏于牦牛山组底部不整合面下者为未分下古生界。

阿木尼克组产有我国晚泥盆世植物群的标准分子—*Leptophloeum rhombicum* 和鱼化石 *Antiarchi*，牦牛山组也产有上述 *Leptophloeum rhombicum*，前人将阿木尼克组与牦牛山组归人晚泥盆世。*Leptophloeum rhombicum* 是个具世界范围对比意义的上泥盆统化石，*Antiarchi* 也是常见于上泥盆统的重要化石，本文认为前人的划分依据是充足的，故仍将其划入泥盆统。

(2) 石炭系　广泛出露于柴达木盆地周边各山区。上统见之于上述各个山区，下统在阿尔金山区尚未发现。在柴北缘山区的宗务隆山大断裂南盘，石炭系未分统。

关于石炭系的分统问题，本文沿用两分的意见，把三分方案中的中石炭统及上石炭统分别划为上石炭统的下部和上部。

1) 下石炭统　下石炭统在祁漫塔格山区分为西汉斯特沟组（上岩组）和城墙沟组（下岩组）两个组；在布尔汉布达山区名为哈拉郭勒群（东区）及大干沟组（西区），在柴北缘山区分上、下两个岩组，下岩组名为城墙沟组、上岩组名为怀头他拉组，其余地区的下石炭统未建组（群）。

祁漫塔格山区的下石炭统是一套地槽型的海相碳酸盐岩—碎屑岩—火山岩建造。下岩组城墙沟组以石灰岩为主，夹泥灰岩，仅见于黑尖山剖面，厚509米；上岩组西汉斯特沟组的岩性、岩相、厚度变化大：在缔敖苏，主要岩性为石灰岩及泥灰岩，厚仅47米；在黑尖

●本岩段的时代归属问题尚有争议，施希德（1983）将其划归早石炭世。

山，下部为碎屑岩夹石灰岩，上部为石灰岩，厚度大于862米；在拉乌拉沟，由石灰岩、板岩、千枚岩组成，厚1225米；在那棱格勒河东岸是以碎屑岩为主，夹石灰岩及火山岩，厚2212米；到了契盖苏，下部为结晶灰岩及石灰岩，上部为火山岩，厚607米。据1983年9月"阿尔金山石棉成矿带成矿规律及找矿预测总结报告"，阿达滩地区下石炭统未分组，是一套灰黑色灰岩、白云质灰岩和中粗粒砂岩、砂砾岩，厚3400米。

布尔汉布达山区西部的大干沟组是一套地台型海相碎屑岩—碳酸盐岩建造，下部以杂色砂、砾岩为主，夹少量火山碎屑岩，中部以灰色—灰白色砂砾岩为主，上部以灰—深灰色灰岩为主，自下而上显示为一个海侵序列，厚1231.8米；布尔汉布达山区东部哈拉郭勒群则是一套地槽型的火山岩夹碎屑岩—碎屑岩夹碳酸盐岩建造，由大理岩、砂岩、砾岩、凝灰质角砾岩、蚀变中基性火山岩、流纹英安岩和千枚状板岩等组成，厚度增大至3210.8米以上。

柴东缘山区的下石炭统是一套地台型的海、陆交互相沉积，下部是陆相粗碎屑岩系，中、上部是由滨海—浅海相灰岩与海、陆交互相的碎屑岩、石灰岩互层组成的碎屑岩—碳酸盐岩建造：大海滩、关角牙合一带厚2031.9米，下部主要是红色砂岩、砾岩，中部主要是石灰岩，上部主要是灰白、灰绿色砂岩、砾岩与石灰岩的互层。

柴北缘山区的下石炭统，是一套从海、陆交互相变为浅海相的地台型沉积：下岩组城墙沟组由灰绿—紫红色的砂岩与砂质页岩或石灰岩、泥灰岩与砂质页岩组成，厚37米（城墙沟）～156米（阿木尼克山）；上岩组怀头他拉组由石灰岩夹砂质页岩或由石灰岩、页岩和砂岩组成，厚293～1301米。苏干湖南山小赛什腾山地区出露的下石炭统未建组，主要岩性为灰色、灰绿色的细、粉砂岩、板岩，夹大理岩，总厚大于490米。

下石炭统与下伏上泥盆统阿木尼克组间为局部整合接触关系（怀头他拉），在区域上则普遍呈不整合接触覆于上泥盆统之上，在另外的一些地区，下石炭统呈假整合接触覆于上泥盆统之上（大干沟上游）或不整合接触覆于未分下古生界之上。

区内下石炭统内产有较丰富的海相化石：大干沟组产有南方大塘阶带化石—珊瑚 *Kuejchouphyllum* 及大塘阶的特征分子—腕足类 *Gigantoproductus*，可与欧洲的维宪期对比。哈拉郭勒群除见有 *Gigantoproductus* 外，还见到珊瑚 *Lithostration portloki*，*Yuanophyllum*，*Arachnolasma* 等大塘阶及维宪阶的特征分子；柴东缘山区的下统中除见有上述 *Arachnolasma* 和 *Gigantoproductus* 外，还有珊瑚 *Neoclisiophyllum*，*Auloclisia* 等大塘阶及维宪阶的特征分子；柴北缘山区的城墙沟组下部产十分丰富的化石，其中以腕足类 *Rhytiophora arcuata* 和 *Syringothyris halli* 为特色的组合可与苏联、北美的杜内期早期的组合作对比，祁漫塔格山区城墙沟组珊瑚组合中见有 *Caninia cornucopiae*，*Siphonophyllia Cylindrica*，它们除见于柴北缘山区的城墙沟组外，也见于西欧、苏联的杜内阶；怀头他拉组除见有 *Kueichouphyllum*，*Yuanophyllum*，*Arachnolasma*，*Auloclisia* 等大塘阶或维宪阶的特征分子外，还产出 *Heterocaninia*，*Kwangsiphyllum*，*Orionastrara* 等早石炭世标准分子和主要见于下石炭统的 *Dibunophyllum*，*Aulina*；西汉斯特沟组：据王增吉（1983）资料，本组除见有下石炭统的 *Kueichouphyllum*，*Gigantoproductus*，*Arachnolasma*，*Aulina*，*Dibunophyllum* 外，还产出腕足类 *Leptagonia distorta* 和 *Rotaia* aff.*subtrigona* 前者"是黔西鸭子塘段下部的主要分子，在华南大塘期地层中也常见到"，后者"在我国首次发现于新疆波罗霍洛山的晚杜内阶"。

依据上述各组的化石资料，本文把城墙沟组、哈拉郭勒群划归早石炭世杜内期，把怀头

他拉组、大干沟组和西汉斯特沟组划归早石炭世维宪期❶。

2）上石炭统　上石炭统在阿尔金山区未建组，分布局限，厚度不明；在祁漫塔格山区由四角羊沟组（上岩组）和缔敖苏组（下岩组）组成；在布尔汉布达山区由浩特洛哇组（上岩组）和捎斯兰赶陇组（下岩组）组成；在柴东缘山区未分组；在柴北缘山区由可鲁克群（下岩群）和扎布萨尕秀群（上岩群）组成。

a.下部上石炭统　祁漫塔格山区的下部上石炭统（缔敖苏组）是一套地台型(?)海相碳酸盐岩建造为主的沉积，底部为含炭碎屑岩，往上变为厚层状一块状灰岩，呈现出一个海进型的沉积序列，厚93～136米由西向东变薄，那棱格勒河以东未见出露。

布尔汉布达山区的下部上石炭统（捎斯兰赶陇组）在该山区西部的东大干沟厚325米，下部夹劣质煤层及碳质页岩多层到了该山区的中、东部，厚491～161米未见底，是一套海、陆交互相的含煤建造，也呈现出海进型沉积序列。

柴北缘山区的下部上石炭统（可鲁克群）是一套过渡型(?)的海、陆交互相地层，在怀头他拉幅区调（1／200000）测区内，下部是含有可采煤层的含煤建造，中、上部是浅海相的碎屑岩一碳酸盐岩建造，由石英砂岩和石灰岩组成。可鲁克群在横向上的厚度变化不大：扎布萨尕秀一带厚212～389.8米，怀头他拉南山厚234.7米，怀头他拉煤矿至可鲁克间厚547米，石灰沟最厚，达616.5米。各地所见的可鲁克群岩性大致相同，主要由灰色灰岩、黑色钙质页岩、灰色—灰白色的粉砂岩和细砂岩组成，局部（红山北麓）夹红色砂岩。

缔敖苏组、捎斯兰赶陇组和可鲁克群分别与其下伏的西汉斯特沟组、哈拉郭勒群和怀头他拉组呈假整合接触，仅诺木洪河上游的扫数难尕努一地见其与下石炭统呈整合接触。

缔敖苏组、捎斯兰赶陇组和可鲁克群这三个组（群）都产有大量晚石炭世早期❷（相当于黄龙组或本溪组）特有的化石，包括腕足类、珊瑚、植物和䗴，其中，缔敖苏组和捎斯兰赶陇组的䗴科化石同属 *Fusulina–Fusulinella* 组合，时代为晚石炭世早期（威宁期），可鲁克群的　科化石有 *Pseudostaffella sphaeroidea*， *Profusulinella pseudorhomboides* 等，是莫斯科期初期的标准化石。根据以上化石资料，本文把这三个组都划归晚石炭世早期。

b.上部上石炭统　祁漫塔格山区的上部上石炭统（四角羊沟组）岩性与下伏缔敖苏组相似，下部以灰黑—灰白色灰岩为主，上部以灰黑—灰白色含燧石结核灰岩为主，是一套稳定的浅海相碳酸盐岩建造。野马泉东四角羊沟剖面厚558米；缔敖苏南山剖面厚151.9～243.6米。

布尔汉布达山区的上部上石炭统（浩特洛哇组）的横向变化大：东大干沟一带厚1716.7米，下部以浅海相碳酸盐岩为主，向上海水变浅、碎屑岩增加并出现凝灰质熔岩，上部是以安山岩、玄武安山岩和玄武岩为主的火山岩段；五龙沟煤矿剖面厚263米未见顶，是一套灰白色灰岩、泥灰岩为主的海相沉积，夹石英砂岩、紫红色砾岩；往东，埃肯雅玛托—浩特洛哇一带，是一套过渡型浅海相沉积，八宝山以东埃肯雅玛托剖面厚673.3米，以蚀变英安岩为主，顶、底为碎屑岩与石灰岩，向东变薄，浩特洛哇剖面厚224.6米，以石英砂岩和生物碎屑灰岩、石灰岩的夹层为主。

柴北缘山区的上部上石炭统（扎布萨尕秀群）是一套含煤的地台型海、陆交替相的碎屑岩一碳酸盐岩建造，横向上变化不大：牦牛山—扎布萨尕秀一带厚度大于595.3米，由石英

❶王增吉（1983）认为西汉斯特组的底界可与西欧维宪期早期S带与C_2亚带的分界线作对比。

❷相当于石炭纪三分的中石炭世。

砂岩、粘土岩、碳质页岩和石灰岩的互层组成，夹煤层；往西，欧龙布鲁克山北坡剖面下部是灰白色石英砂岩，中部是石灰岩夹碳质页岩及煤层，上部是灰绿、黄绿色的砂岩与石灰岩互层，夹碳质页岩，厚722.2米，再往西，石灰沟剖面厚429.7米未见底，主要岩性是石灰岩，夹薄砂岩、碳质页岩和煤层。

上部上石炭统与下伏下部上石炭统间普遍为整合接触，仅在大干沟剖面一地见其与下伏下部上石炭统呈局部假整合接触，在阿尔金山区，未建组的上石炭统分别不整合覆于上泥盆统及未分下古生界之上。

据王增吉（1983）资料，四角羊沟组所产蜓科化石可以分成上、下两个组合。下部为*Triticites*组合，其中的主要分子*T.parvulus*和*T.*cf.*samenkingensis*见于我国华南上石炭上部，前者也是苏联乌拉尔附近上石炭 *Triticites* 层的主要组分；上部为*Zellia*–*Pseudoschwagerina*组合，其中，*Pseudoschwagerina*，*Zellia*和*Eoparafusulina*三个属最为丰富，*Pseudoschwagerina*为我国南方上石炭统马平组（或船山组上部）、北方上石炭统太原组*Pseudoschwagerina*带的带化石，*Zellia*是该组合的主要组分。王增吉认为四角羊沟组大致与马平组或船山组相当。

浩特洛哇组内产有丰富的蜓，据埃坑德勒斯特幅（1／200000）区调报告，自下而上建立了*Montiparus*带、*Triticites*带和*Sphaeroschwagerina*带共三个带，据此与马平组和太原组作对比。

根据以上化石资料，本文沿用前人划分的意见，定四角羊沟组、浩特洛哇组和扎布萨尕秀群为晚石炭世的晚期沉积。

在柴东缘山区，上、下石炭统未建组（群）。下统是一套陆台型的海、陆交互相沉积，厚1000（南部）～2031.9米（北部），其下部为陆相粗碎屑岩系；中、上部是由滨海—浅海相灰岩和海、陆交互相的砂岩、页岩与石灰岩的互层所组成的碎屑岩—碳酸盐岩建造，不整合覆于下伏上泥盆统之上。本统产腕足类、珊瑚、瓣鳃类等化石，根据其中的腕足类和珊瑚类等早石炭世化石的存在，本文沿用前人意见将其划归早石炭世。上统是一套陆台型沉积，自下而上由海、陆交互相的碎屑岩夹碳酸盐岩变为滨—浅海相的碳酸盐岩建造，底部为砾岩，假整合覆于下伏下石炭统之上。本套地层中含蜓据此沿用前人意见，将其划归晚石炭世。

(3) 二叠系　出露于盆地四周各山区。阿尔金山区和柴北缘山区未分统；祁漫塔格山区仅见下统；柴东缘山区出露下统茅口组。其余各区各统均未建组（群）。

1) 下二叠统　见于祁漫塔格山区、布尔汉布达山区和柴东缘山区。

祁漫塔格山区出露者为海相碎屑岩—碳酸盐岩建造，以石灰岩为主，夹砂岩或页岩、散见于孔不拉克沟口至四角羊沟间，孔不拉克沟口厚40米未见顶，往东稍厚，野马泉—四角羊沟一带厚度大于301.8米，与下伏上石炭统四角羊沟组为整合接触[2, 17]。

布尔汉布达山区出露者为一套优地槽类型浅海、深海相的碎屑岩—火山岩—碳酸盐岩建造。在雪水河河谷，下部为砂岩、砾岩夹石灰岩，中部为石灰岩夹砂岩、板岩，上部为石灰岩，总厚2500米，往东，树维门科—马尔争一带，下部为石灰岩，中部为火山岩夹硅质岩、石灰岩与砂岩，上部为石灰岩夹砂岩、砾岩，厚度大于4918米，表现出由西向东石灰岩增多、厚度加大、出现火山岩等横向变化特征。本岩系与下伏上石炭统的接触关系为局部假整合（见于大干沟沟脑），浩特洛哇一带可见其与下伏上石炭统呈整合接触，在水泥厂，本岩系不整合覆于晚奥陶世纳赤台群或元古界之上。

柴东缘山区出露者为一套由碎屑岩、火山岩和碳酸盐岩建造组成的海退型或海进型沉积，横向变化大。托索湖西岸厚2000～2600米，下部为砾岩夹粉砂岩、石灰岩，上部为石灰岩夹泥质板岩、粉砂岩，属海进型沉积。清水泉—歇马昂里间下二叠统的岩性复杂且已遭受变质，下部由玄武安山岩、英安岩、安山角砾岩和层凝灰岩组成；中部由石英细砾岩、砂岩和板岩组成；上部以千枚岩、长石砂岩为主，夹安山凝灰岩、豆状凝灰岩和砾岩，局部地段相变为二云石英片岩、角闪变粒岩和眼球状—条带状混合岩，厚2000～2600米，属海退型沉积。

上述各区的下二叠统中产有腕足、珊瑚、海绵、苔藓虫和䗴等化石。

祁漫塔格山区的下二叠统除产出栖霞阶的带化石 *Parafusulina*，*Schwagerina tschernyschewi* 等䗴科化石外，还找到曾见于杭州栖霞灰岩的 *Septopora diamorpha*、*S. luterkensis* Shishova var. *sinensis*，*Fenestella hangchouensis*，*E.* sp.，*Polypora* cf. *koninckiana*，曾见于南京、湖北长阳栖霞组的 *Fistulipora sinensis* 和首见于湖南涟源栖霞组的 *Fistuliramus hunanensis* 等苔藓虫化石。

布尔汉布达山区下二叠统下部见有下二叠统栖霞阶的带化石 *Parafusulina* 和早二叠世的标准分子 *Misellina*，中部见有下二叠统茅口阶的 *Chusenella sinensis* 和茅口阶下部的带化石 *Neoschwagerina*，上部见有 *Neoschwagerina* 和 *Polydiexodina*。

柴东缘山区的下二叠统茅口组中产出我国茅口组的带化石 *Yabeina*，也见有上述 *Neoschwagerina* 和 *Polydiexodina*。

上述各区的资料表明，前人对区内下二叠统的划分有充足的化石依据，故可应用于地层划分与对比。

2）上二叠统　见于布尔汉布达山区和柴东缘山区。

布尔汉布达山区的上二叠统是一套滨海相碎屑岩建造。雪水河一带厚度大于827米，下部为砂岩、砾岩夹石灰岩及白云质板岩，上部以碎屑灰岩、石灰岩、砾岩为主，夹中酸性火山凝灰岩；亚门乌拉一带厚度大于595.4米，以复成分粗砾岩和细砾岩为主，夹含砾粗砂岩。

柴东缘山区的上二叠统可分上、下两段，下段为滨海、浅海相间夹短暂滨海陆相的沉积，以砾岩为主，夹石灰岩、板岩、粉砂岩、砂岩和砂砾岩，厚498米未见底；上段为相对稳定的浅海相沉积，以石灰岩为主，夹砂岩和砾岩，厚169米未见顶。

上述两山区的上二叠统与下二叠统间有的是不整合接触（亚门乌拉），有的是假整合接触（东温泉），另外，还可见上二叠统超覆不整合于下部上石炭统或华力西期花岗岩之上。

据区测报告资料，区内上二叠统内产 *Waagenophyllum indicum* var.*crassiseptatum*，它是陕西吴家坪组（上二叠统下部吴家坪阶）的带化石，另外，上部地层中还见有 *Waagenites* 和 *Leptodus nobilis*，前者见于国内外的上二叠统，后者见于我国南方上二叠统龙潭组。

根据上述化石资料，本文沿用前人对于区内上二叠统的这一划分方案。

3）未分二叠系　柴北缘山区的未分二叠系未见顶底，上部是浅海相碳酸盐岩建造，下部是浅海相碎屑岩建造，总厚度大于4030米顶底不全，是一套地槽—地台过渡型的沉积，根据其中䗴科化石 *Neoschwagerina* sp.，*Verbeekina* sp.和 *Pseudodoliolina* 的产出，可以确认其为二叠系无疑，本文暂从1981年青海省地质图（1／1000000）作者的意见，定其为未分二叠系。

阿尔金山区的未分二叠系名为阿拉巴斯套群，是内陆河湖相沉积，主要由灰绿色砾岩、砂岩和页岩组成，与下伏石炭系未见接触。据青海省地质图（1／1000000）说明书，应系不整合覆于元古界之上，这和1983年9月青海、新疆、甘肃地矿局所编"阿尔金山石棉成矿带成矿规律及找矿预测总结"报告中的叙述也是一致的。

三、中生界（表1-3-3）

1.三叠系

主要分布于本区东南部，大面积出露于祁漫塔格山东南端、布尔汉布达山和柴东缘山区的南部；零星出露于柴北缘山区的路乐河（嗷唠河）、怀头他拉北及布赫特山东端的肯德隆沟等地；其他地区均未出露，只在盆地北部的冷湖三号被钻井揭露。

（1）下三叠统　区内东部、南部下三叠统名为洪水川群，在柴北缘山区名为隆务河群。

洪水川群由地槽型海相碎屑岩—火山岩—碳酸盐岩建造（见于布尔汉布达山中段）和含少量凝灰岩的地台型海相碎屑岩—碳酸盐岩建造（见于祁漫塔格山东南端和布尔汉布达山东、西段）组成，各自都形成由粗变细的旋回，下部以砂岩、砾岩为主，上部以石灰岩或石灰岩、砂岩为主，在横向上洪水川群有由西往东变粗的趋势，并形成三个大厚度区：万保沟厚1346米，浩特洛哇厚1631米，乌兰乌苏郭勒及托索湖地区1406～1523米，其余地区较薄，厚200～487米；在布尔汉布达山中、西段，这套地层已轻微变质，除浩特洛哇剖面见到蚀变凝灰岩、蚀变粉砂岩和蚀变砂岩外，还在尖山南剖面及格尔木以南地区见到粘板岩和蚀变砂岩、砾岩。

洪水川群与上覆中三叠统闹仓坚沟组为整合接触而与下伏上二叠统呈不整合接触（乌兰乌苏郭勒北），另外，还分别不整覆于下二叠统、上石炭统、上奥陶统、下古生界、元古界及晚古生代侵入体之上。

洪水川群富含化石，重要成员有菊石 *Ophicera* sp.，*Tirolites* sp.*Gyrophiceras* sp.? *Procarnites* sp.，瓣鳃类 *Eumorphotis* cf. *inaequicosta*（Beneche），*E.cf.multiformis*（Bittner）等，其中，*Gyrophiceras* 是早三叠世印度阶的标准分子；*Parananitidae* 和 *Procarnites* 是早三叠世奥伦尼克阶的标准分子，*Eumorphotis inaequicostata* 和 *E.multiforis* 则是我国早三叠世瓣鳃类组合代表的成员。从这些资料来看，洪水川群的时代应属早三叠世无疑。

区内隆务河群出露零星，怀头他拉以北宗务隆山南缘所见者，是以砾岩、砂岩为主的碎屑岩建造，厚692.7米，下部属山麓洪积相的粗碎屑岩，中、上部为海陆交互相砂岩夹不纯灰岩；德令哈东北野马滩—塔日格特一带所见者则是灰白色、灰紫色灰岩、灰褐色钙质粉砂岩和灰黑色粉砂质粘板岩为主，其次是灰黑色长石砂岩和灰色泥质板岩，夹少量角砾状灰岩，厚1327.6米，产菊石化石，其中 *Procarnites kokeni*，*Eophyllites* sp.，*Arnautoceltites arnauticus*（Arthaber），*Pseudoflemingites* sp.，*Dieneroceras* sp.等为早三叠世奥伦尼克期的标准分子❶，据此可定这套岩层为下三叠统。本区所见隆务河群与下伏上二叠统未直接接触，与上覆中三叠统古浪堤组间是整合接触。

（2）中三叠统　区内中三叠统主要出露在祁漫格山东南端、布尔汉布达山区和柴东缘山区，名为闹仓坚沟组；柴北缘山区的野马滩有零星露头，名为古浪堤组。

闹仓坚沟组由地台型滨、浅海相（局部夹陆相）的碎屑岩—碳酸盐岩建造和过渡型、地槽型海相具复理式特征的碎屑岩—火山岩—碳酸盐岩建造组成：温泉沟、雪水河一带下部以

❶引自"德令哈幅区调报告"（1／200000）。

表 1－3－3　中生界对比简表

地层系统	地层分区	阿尔金山中、东段南坡区	祁漫塔格山区	布尔汉布达山区	柴达木盆地东缘山区	柴达木盆地北缘山区	柴达木盆地北部地区	I	II
上覆地层		下第三系				下第三系	下第三系		
白垩系		犬牙沟群 厚 853 米	犬牙沟群 厚 850 米	石灰厂群 厚 1127 米		犬牙沟群 厚 1451 米	犬牙沟群 厚 1451 米	未揭露	未揭露
侏罗系	上统	红水沟组 厚 448 米		红山包群 厚 1920 米		红水沟组 厚 565 米	红水沟组 厚 248 米		
侏罗系	中统	采石岭组 厚 833 米 大煤沟组 厚 1404 米				采石岭组 厚 73 米 大煤沟组 厚 923 米	采石岭组 厚 276 米 大煤沟组 厚 218 米		
侏罗系	下统			兰道乌苏组 厚 936 米	兰道乌苏组 厚 480 米未见顶	小煤沟组 厚 247 米	小煤沟组、冷湖三号井下视厚度 1590 米		
三叠系	上统		八宝山群 厚 3346 米	八宝山群可鲁波组 厚847 米 草木策组厚 444 米	都兰县察汗乌苏一带 厚 2577 米 托素湖北它瓜马日灯 厚 496 米	古炮台剖面厚 879 米	冷湖三号井下视厚度 2087 米		
三叠系	中统		闹仓坚沟组 厚 1993 米	闹仓坚沟组浩特洛哇剖面厚 857 米	闹仓坚沟组 厚 1717 米	古浪堤组 约 100 米			
三叠系	下统		洪水川群 厚 1347 米	洪水川群 厚 1631 米	洪水川群 厚 1505 米	隆务河群 厚 693 米			
下伏地层		未分下古生界	元古界	上石炭统	未分下古生界	全吉群 达肯大坂群			

I —柴达木盆地中、东部地区；II —柴达木盆地西部地区

长石砂岩、岩屑砂岩为主，上部以板岩、粉砂岩为主；秀沟以北下部则以砂岩、板岩为主，中部以石灰岩为主，夹英安质凝灰岩，上部以砾岩、含砾砂岩为主，夹火山熔岩与火山角砾岩；八宝山以南地区下部为凝灰岩、中部为石灰岩，上部为蚀变粉砂岩、蚀变钙质砂岩和石灰岩；乌兰乌苏郭勒一带下部为石灰岩、长石砂岩、粉砂岩及板岩，上部为砂岩、板岩及石灰岩为主，夹凝灰岩。总起来看，闹仓坚沟组是一套轻微变质的地层，局部地区（布尔汉布达山的中、东段）含有以凝灰岩为主的火山岩，秀沟北厚度超过 4393 米，乌兰乌苏郭勒河以北、埃肯雅玛托和雪水河的可见厚度分别为 2844 米～2990 米。

闹仓坚沟组与上覆八宝山群间为不整合接触而与下伏下三叠统洪水川群间则为整合接触，局部地区（闹仓坚沟剖面）为假整合(?)接触。

闹仓坚沟组富含菊石、瓣鳃类和腕足类化石，重要成员有菊石 *Lenotropites*, *Arctohungarites*, *Japonites*, *Paracrochodiceras*, *Procladiscites*, *Semiornites*, *Anagymnotoceras*, *Gymnites*，瓣鳃类 *Posidonia* cf. *wengensis*, *Entolium discites*, *Schafhaeutilia* ex.gr.*rosteata*，腕足类 *Pseudospiriferina bifurcata* 等，其中 *Lenotropites* 和 *Arctohungarites* 两个属"是西伯利亚和北美地区下安尼西阶底部典型分子或代表属"❶，而 *Lenotropites* 和剖面中产出的另外两个属 *Japonites* 及 *Paracrochordiceras* 在一起，则是我国三叠系菊石组合中三叠世早期安尼西阶的代表（据赵金科等，1982）。另外，*Procladiscites* 和 *Semiornites* 是包括我国西南在内的特提斯区中三叠世早期的标准分子。上述化石资料表明，闹仓坚沟组的时代应属中三叠世。

区内古浪堤组（T_{2g}）仅在怀头他拉以北及德令哈东北零星出露。在怀头他拉以北，下部是山麓洪积相堆积，其上为海、陆交互相沉积；往东到了塔日格特，厚度大于 143.4 米，变成灰—灰绿色钙质粉砂岩与粉砂质板岩互层夹石灰岩及少量砾岩的冒地槽海相沉积，其中产菊石 *Japonites* sp.，瓣鳃类 *Schafhaeutlia* cf.*suoovata*，等中三叠世安尼西阶分子，据此可定区内古浪堤组的地质时代为中三叠世❷。本区的古浪堤组与下伏隆务河群间为整合接触。

(3) 上三叠统　区内上三叠统在祁漫塔格山南部和布尔汉布达山区所见者名为八宝山群，柴东缘山区出露者未定组、群名，层位可能低于八宝山群。

八宝山群是一套以火山岩为主、经轻微变质的喷出岩系。巴音郭勒南山以陆相粗碎屑岩、火山熔岩为主，夹火山碎屑岩及板岩；往东，格尔木以南地区以滨、浅海相灰—灰绿色变石英砂岩、长石岩屑质砂岩、千枚状砂岩和千枚岩为主，夹中酸性火山熔岩（安山岩为主、流纹岩次之）、火山碎屑岩（火山角砾岩）及少量片状砾岩与结晶灰岩，自下而上由两个由粗变细的旋回组成；再往东，大干沟至哈拉郭勒一带是地台型海退型的海、陆交互相沉积，由西段（大干沟）海相碎屑岩、碳酸盐岩为主的沉积过渡为东段陆相火山岩为主的沉积，主要岩性是紫红色、灰绿色含砾砂岩、砂岩、中基性火山熔岩（橄榄玄武岩、英安岩、流纹岩、安山岩）和火山碎屑岩（凝灰岩），夹板岩、砾岩和煤层；到了八宝山地区，下部以海、陆交互相的碎屑岩为主，上部为陆相火山岩和碎屑岩夹劣质煤层，由下而上显示为一个海退序列。

八宝山群以大干沟至哈拉郭勒一带为最厚，达 5940 米，向东、西方向变薄，格尔木以南及巴音郭勒南山为 3536～3346 米，八宝山地区为 1930 米。

---

❶据"格尔木市东农场幅、东温泉幅区调报告"（1／200000）。

❷据"德令哈幅、怀头他拉幅区调报告"（1／200000）。

八宝山群与上覆下侏罗统为假整合接触（八宝山剖面），与下伏中三叠统闹仓坚沟组为不整合接触（巴音呼肖），另外，还可见其分别不整合覆于下三叠统洪水川群（阿不特哈打和东达雅玛脱）、上石炭统浩特洛哇组（草木策）、下石炭统和中生代早期辉长岩或印支早期二长花岗岩（哈拉来坎淌、可鲁波和八宝山）之上。

八宝山群顶部产有瓣鳃类 *Utschamiella dulanensis* 和 *U. mianchiensis*，它们是晚三叠世诺利克期的标准分子，据埃坑德勒斯特幅区调报告（1／200000），资料，本岩群所含植物中，*Equisetites sarrani*、*Neocalamites carrerei*、*Todites shensiensis*、*Danaeopsis fecunda*、*Lepidopteris ottonis*、*Glossophyllum shensiensis* 等是我国北方延长植物群系的重要分子。根据以上化石资料，八宝山群应划归晚三叠世。

柴达木盆地北部地区仅在冷湖三号井下见到上三叠统，是一套暗色轻微变质的碎屑岩，夹有碳质泥岩。这套地层过去曾被定为中侏罗统（$J_2^4—J_2^5$），但缺乏化石依据。从其所产孢粉组合来看，是以含一定量的宽肋粉及少量罗汉松型多肋粉为特征，这两个属是二叠系与三叠系的常见属，是欧、美及我国三叠纪孢粉组合的重要分子，另外，组合中所见的卵形粉在北半球广泛分布于上三叠统，和疱四粉在一起，成为国内外晚三叠世的标志分子。据此，巫礼玉将该段地层改定为晚三叠世。本志采用这一新的分层意见。

2.侏罗系

地面主要出露在柴达木盆地四周山区（祁漫塔格山区例外），据地震地层学研究资料，柴达木盆地西部、北部和中、东部的地下也有分布。与三叠系相比，出露面积大为缩小、且多为断续、零星分布。区内的侏罗系露头基本上均属陆相沉积，仅在格尔木南大干沟一带见有未分统的海相沉积。

(1) 下侏罗统　区内下侏罗统出露于布尔汉布达山区及柴东缘山区者名为兰道乌苏道；出露于柴北缘山区及见于柴达木盆地北部地区井下者名为小煤沟组（图 1-3-2 中之Ⅶ）。

兰道乌苏组是一套陆相煤系地层。在秀沟以北哈拉郭勒北侧由灰白色砾岩组成，厚度大于 210 米；八宝山地区变为一套富含植物化石并夹多层碳质页岩沉积，自下而上构成完整的砾岩—砂岩—砂、页岩旋回，厚度增大至 935.4 米；秋吉沟口以灰、灰黑色碎屑岩为主，夹碳质页岩和薄煤层；塔妥煤矿一带下部为砂砾岩，中部为砂、页岩夹煤层，上部为砂岩夹页岩，厚度大于 480 米以上。

兰道乌苏组与上覆中侏罗统未直接接触，与下伏上三叠统呈假整合接触关系（见于八宝山剖面），在塔妥煤矿，不整合覆于下三叠统洪水川群之上。

兰道乌苏组富含植物化石，1981 年青海省地质图（1／100000）曾将其划归早—中侏罗世，青海省地质矿产局第一区调队 1982 年在埃坑德勒斯特幅区调报告中则依据其● 产出 *Cladophlebis tsaidamensis*、*C. ingens*、*Equisetites colunmaus*、*Clathropteris pekingensis* 和 *Ciliatopteris pectinata* 等“早侏罗世地层常见或标准分子”将其划归早侏罗世。何元良(1984) 认为它们可能与甘肃大西沟组下部、辽西兴隆沟组、北票组下段等层段相当而将其视为早侏罗世的早里阿斯或早、中里阿斯期；康庆山（1984）则根据兰道乌苏组的植物化石将其划归早侏罗世。根据以上资料，本文将兰道乌苏组划为早侏罗世地层。

小煤沟组也是一套陆相煤系地层，仅见于柴北缘山区及柴达木盆地北部地区的井下。主要出露于大煤沟地区，小煤沟剖面的地面出露最完整；羊肠子沟及埃尾沟沟口一带被断层切

●原文为小煤沟组。

割，出露不全。主要是杂色的砂、砾岩和黑灰色的砂质页岩和碳质页岩，夹菱铁矿层、油页岩层和煤层。据孢粉资料对比，冷湖三号井下所见者，仅为本岩组的下部，与上部相比，其岩性变化不大，但颜色变浅，碳质页岩和煤层变薄、减少，未见油页岩及菱铁矿透镜体，视厚度1590米未见顶。

小煤沟组与上覆中侏罗统大煤沟组间为整合接触，与下伏上三叠统间接触关系不明，仅见其不整覆于达肯大坂群之上（局部为断层接触）。小煤沟组富含植物化石，何元良(1984）据以与甘肃大西沟组上部、陕北富县组等对比，将其划归早侏罗世，并认为可能相当于中里阿斯期。值得注意的是：小煤沟组还产有个别二叠—三叠纪的孑遗分子—宽肋粉。根据以上资料，本文仍沿用前人资料，将小煤沟组定为早侏罗世。显然，小煤沟组与兰道乌苏组的植物群均具有北方植物群的色彩。

(2) 中侏罗统下段　区内中侏罗统下段只分布于阿尔金山区、柴北缘山区和柴盆地北部地区，以大煤沟剖面出露最为完整，故据以名之为大煤沟组。这是一套陆相的煤系地层：在阿哈堤山所见者已轻微变质，主要岩性是暗色变质砂岩、砾岩和碳质页岩夹薄劣煤层，厚度大于1405米。鱼卡河一带地层变薄，根据岩性可以分上、中、下三部：上部为灰黑色页岩夹粉砂岩，中部为灰白色砂岩和浅灰色泥岩夹煤线，下部为灰色石英砂岩、黄白色砾岩夹煤层，控制厚度330.9米；结绿素一带的主要岩性为黄色云长石砂岩、石英砂岩夹碳质页岩、泥岩及可采煤层，由于顶底均被断层所切割；往东厚度加大，大头羊煤矿和绿草山煤矿厚100～820.9米；主要岩性为灰白色的砾岩、石英砂岩和碳质页岩，夹煤层（累计厚达60米）油页岩及菱铁矿结核；大煤沟剖面厚923米，是柴北缘山区的最大厚度区，主要岩性为灰、灰绿、灰黑色泥岩、碳质页岩、土黄色砾岩和长石砂岩并夹煤层、菱铁矿层等；再往东南厚度又复减小，穿山沟以东的达达肯乌拉山南缘仅厚77米，以灰白、黄褐色钙质粉砂岩、紫灰色泥质页岩和灰白、紫红色的页岩为主，夹石灰岩、菱铁矿和碳质页岩，底部为白色含砾石英砂岩；德令哈北柏树山煤矿一带厚170米，上部岩性以灰绿、灰紫色岩屑质长石砂岩、岩屑长石石英砂岩为主，夹灰白色砾岩，下部岩性以灰、灰黑色岩屑质石英长石砂岩、含砾砂岩、含炭粉砂岩、泥岩及煤层为主，底部为灰白—灰褐色砾岩；柴北缘山区的东南端的扎布萨尕秀一带，厚45～228米，以灰黄—灰绿色岩屑质石英砂岩、泥质粉砂岩、碳质页岩及砂质油页岩为主，夹煤层或菱铁矿层。

大煤沟组与上覆中侏罗统上段采石岭组间呈局部不整合接触关系（见于采石岭），一般为整合接触；与下伏下侏罗统小煤沟组也是整合接触；另外，可见其不整合覆于上部上石炭统扎布萨尕秀群（见于扎布萨尕秀）、未分下古生界及华力西期花岗岩（见于红柳沟）、加里东花岗岩（见于绿草山）及下元古界达肯大坂群（见于柏树山煤矿）之上。

大煤沟组富含植物化石，除大煤沟剖面产出的 *Coniopteris hymenophylloides*、*C. tatungensis* 外，据何元良（1984）的报道还有 *Coniopteris burejensis*、*C. szeiana*、*C.simplex*、*C.pulcherrime*、*C.spectabilis* 等，他认为这个植物群，产于我国西北、华北的中侏罗世；康庆山（1984）把大煤沟所含植物化石归属于 *Coniopteris*—*Phoenicopsis* 植物群，并沿用徐仁、徐福祥等人的资料，将其划为中侏罗世。根据以上资料，考虑到在煤沟组和下伏下侏罗统间的密切关系及其与上覆采石岭组的层序关系，本文将其时代划归早期中侏罗世。

(3) 中侏罗统上段　区内的中侏罗统上段仅出露于阿尔金山区和柴北缘山区，名为采石岭组，是一套陆相碎屑岩系，其中，砾岩以紫红色为主，砂质岩以灰白—灰绿色为主，泥质

岩也以紫红色为主，从整体上看来，是一套杂色地层。

在阿尔金山区的采石岭剖面厚682米（未见顶），柴北缘山区的厚度较小，其中，路乐河地区厚277米，上部主要岩性为暗棕褐、棕红色的泥岩、含砂泥岩，夹泥灰岩，下部主要岩性为灰白色的砂岩、含砾砂岩、砾状砂岩和黄绿色的砂质泥岩、泥质粉砂岩间互层，夹棕红、绿灰色泥岩与炭质条带；红山一带上部主要岩性为棕红色砂质泥岩，下部主要岩性为黄灰色的砂岩、粉砂岩和棕红色砂质泥岩与浅棕灰色的页岩、钙质页岩互层；绿草山一带厚188米，上部主要岩性是紫红色的粘土岩，其次是灰色的钙质长石砂岩与粉砂岩，下部主要岩性是黄绿色含砾石石英质岩屑砂岩，夹暗紫红色粘土岩；大煤沟剖面厚度大于107米，是一套紫红色的泥岩、泥质粉砂岩，夹灰色泥质粉砂岩；达达肯乌拉山南缘厚度大于47米，为紫红色含砾石英砂岩与砖红色泥岩的互层；往东北，到了德令哈东北的柏树山煤矿，厚67米，主要岩性是暗紫红色砾岩、砂岩，夹浅灰色、蛋青色的含砾岩屑长石石英质砂岩及灰绿色粉砂质泥岩；往东南，到了扎布萨尕秀一带，厚117米，主要岩性为灰紫色岩屑—长石质石英砂岩，夹浅灰色长石石英砂岩。

采石岭组与上覆红水沟呈整合接触，与下伏大煤沟组为局部不整合接触（见于采石岭）或局部假整合接触（见于绿草山东），其它地区为整合接触。

采石岭组产瓣鳃类、腹足类、介形类及轮藻化石，其中，限于中侏罗统分布者有 *Lamprotula* (*Eolamprotula*) *turfanensis*, *Timiriasevia epiderformis*, *Darwinula yibinensis*, 主要产出于中侏罗统，但也能延至上侏罗统者有介形类 *Darwinula sarytirmenensis*, *D.magna*, *Timiriasevia catenullaria* 等，其余各属种则多为中、晚侏罗世的常见分子。轮藻则是 *Aclistochara* 和 *Euaclistochara* 占绝对优势，根据这些特征，可与我省东部窑街组—享堂组、陕甘宁安定组、甘肃、四川自流井组、沙溪庙组等中侏罗世晚期或中侏罗世地层作对比。根据上述化石资料，采石岭组应属中侏罗世晚期沉积。

(4) 上侏罗统下段　区内上侏罗统下段地层仅见于阿尔金山区和柴北缘山区，名为红水沟组，是一套陆相红色碎屑岩系。

红水沟组主要由浅棕红色泥质岩和蓝灰色的砂质岩薄层组成，夹黄绿色或杂色泥质岩，与下伏采石岭组相比，颜色变淡变浅，建组剖面红水沟厚45米未见底，主要为浅棕红色含砂泥岩；路乐河地区厚245米，下部以黄灰色泥质砂岩、粉砂岩为主，上部以浅棕红色泥岩、砂质泥岩为主；红山一带厚247米，下部以浅棕红色石英长石砂岩为主，底部夹砾岩与砾状砂岩凸镜体，上部以浅棕红色泥岩、砂质泥岩和粉砂岩为主，夹蓝灰色砂岩条带；赛冷尕秀西剖面厚546米，主要为砖红色砂质泥岩夹薄层黄绿色砂岩；扎布萨尕秀剖面的主要岩性为砖红色的砂岩、砂砾岩，厚达589米，是全区厚度最大之处。

红水沟组与上覆犬牙沟组间呈局部假整合接触（见于红水沟），其它地区为整合接触；红水沟组与下伏采石岭组为整合接触，局部地区与大煤沟组间呈断层接触关系（见于采石岭、结绿素）。

红水沟组含介形类、叶肢介和轮藻化石，其中，介形类组合主要由 *Darwinula*, *Djungarica*, *Cetacella*, *Damonella* 等属所组成，以 *Darwinula* 的个体数量为最多，这是国内、外晚侏罗世介形类组合的标志。在本组下部见有少量 *Ousocypris*，这个属首见于我省东部民和盆地的晚侏罗统大通河组，近年来在四川晚侏罗白龙组中也有发现。在我国，除红水沟组外，仅见于四川遂宁组。苏德英、李友桂等把红水沟组和遂宁组中的 *Cetacella* spp.—*Djungarica* sp.组合作为我国中生代介形虫组合中晚侏罗世早期的代表。李玉文把 *Cetacella*

—*Damonella shuangbaiensis* 组合带作为四川上侏罗统下部遂宁组的标志。根据以上资料，红水沟组应划为晚侏罗世早期的沉积。

3.白垩系

区内白垩系未分统，是一套陆相红色碎屑岩系，名为犬牙沟群。

犬牙沟群主要出露于柴北缘山区和柴盆地北部地区的北部，祁漫塔格山西端和阿尔金山区中段也有分布。柴达木盆地北部地区的马海、大红沟一带井下已被揭露。据地震地层学研究成果，柴达木盆地的西部地区、中、东部地区和北部地区的深层中，也有白垩系或可能的白垩系分布。

犬牙沟—采石岭地区的犬牙沟群比较粗、下部以灰白—灰色砾岩为主，中部以棕红色砂质岩为主，上部以浅紫红色砾岩为主，厚853米；路乐河一带略为变薄，下部以灰黄色砂岩为主，夹粉砂岩、含砾砂岩及浅紫灰色砾岩透镜体，上部以紫灰色、灰白色的砾状砂岩为主，夹灰黄砂质泥岩，厚572米；往东，红山地区厚度加大为873米，岩性变粗，再往东，赛冷尕秀的厚度增至1256米，但岩性变细，到了德令哈东北的柏树山、波京吐、红山煤矿一带，厚度又复变小为580米，主要岩性为灰紫色的砾岩、含砾钙质岩屑砂岩和岩屑石英砂岩的互层。在盆地北部地区的苦水泉—大红沟一带，厚1173米未见底，主要岩性是桔红色、灰白色的砾岩、砂岩和暗棕色泥岩；未扎克剖面最厚，可见厚度1451米，成为杂色砾岩、砂岩、泥岩互层。

犬牙沟群在横向上变化不大且岩性特征明显，其中，紫灰色—紫红色的砾岩、桔红—桔黄色的砂岩、红色泥质岩中的蓝灰—灰绿色斑块和灰白色的钙质结核等，都是本岩群特有或具对比意义的标志。在纵向上，犬牙沟剖面为一个粗—细—粗的全旋回，但多数地区显示为一个由细—粗的反旋回。

犬牙沟群与上覆古—始新统路乐河组为局部不整合接触（见于路乐河东沟和红山），其余地区（见于苦水泉、麻黄沟、红梁山、小柴旦、大红沟等剖面）为整合接触；与下伏上侏罗统下段红水沟组间为局部假整合接触（见于红水沟剖面），另外，还可看见犬牙沟群分别以假整合覆于中侏罗统上段采石岭组之上（见于波京吐剖面）或不整合覆于上泥盆统之上（见于未扎克），其余地区均与红水沟组呈整合接触。

犬牙沟群所见化石不多，多数具浓厚的晚侏罗世—早白垩世过渡层色彩，产有介形类 *Pinnocypridea* spp.、*Rhinocypris cirrata*、*Cypridea* cf. *unicostata*、*C.* cf. *vitimensis*、*Clinocypris* cf. *scolia*、*Theriosynecum* sp.、*Cypridea* (*Yumenia*) sp.，等、叶肢介 *Estherites* sp.、*Orthestheriopsis loxoquadrata* 和 *Yanjieestheria* sp.● 和孢粉 *Lygodiumsporites*、*Classopollis*(?)，以上化石中，*Pinnocypridea* spp.是四川中江侏罗—白垩系过渡层介形类共延带的主要分子（据李玉文、陈茂凯，1985），*Cypridea unicostata* 和 *C. vitimensis* 是有争议的热河动物群所在层位介形类组合中的标志性分子；*Orthestheriopsis* 和 *Yanjieestheria* 是早白垩世叶肢介动物群的代表分子。考虑到下伏红水沟组的时代归属于晚侏罗世早期，而红水沟组与犬牙沟群间在许多剖面上又都是连续沉积而未见间断，犬牙沟群底部似以包括有晚侏罗世晚期沉积物在内较为合理，但由于缺乏晚侏罗世晚期的化石依据，本文仍沿用前人划分意见暂定犬牙沟群的时代为白垩纪。

四、新生界（表1-3-4）

●据1981年青海省地质图（1／1000000），产于可鲁克剖面。

表 1－3－4 新生界对比简表

系	统	阿尔金山 中、东段南坡区	祁漫塔 格山区	布尔汉布 达山区	柴达木盆地 东缘山区	柴达木盆地 北缘山区	柴达木盆地 西部地区	柴达木盆地 中、东部地区	柴达木盆地 北部地区
上覆地层									
第四系	全新统	冲积、洪积冰水堆积 5～30 米	风积、冲积 洪积 10～ 50 米	风积、洪积 冲积、湖积 5～30 米	风积、洪积 冲积、湖积 5～10 米	风积 1～10 米 冲积 17 米 盐类沉积	风积:新月形波状沙丘分布 冲积洪积:砂砾层及亚砂土 湖积:粉砂粘土含盐类晶体	风积:沙丘 冲积洪积:砾层、粘土 湖沼沉积	风积:沙丘 冲积，洪积 湖积 盐类沉积
	上更新统	冲积、洪积分布山麓边缘	风积、洪积 50～100 米	冲积、洪积 湖积 20～50 米 冰碛 30～50 米	洪积、冲积 冰水沉积 20～30 米	洪积、冲积、湖积 100～125 米	洪积:砂砾层常形成台地	冲积洪积:砾石层 盐类沉积:30 余米石盐为主 察尔汗湖区:厚 425 米	洪积:砂砾层 湖积:粉砂粘土
	中更新统		冲积、湖积 冰水堆积 20～228 米	冲积、洪积 冰积 5～ 100 米	洪积 44 米 冰积 248 米	冲积 44 米 冰积 248 米	七个泉组 厚 261 米 七个泉构造西部南翼剖面	七个泉组(达参 1 井剖面) 中更新统:总视厚 775 米	七个泉组 东陵丘剖面厚 452 米
	下更新统		冲积、湖积 20～100 米 冰水堆积	冲积、洪积、冲积 50～100 米 湖积未见底	冲积、洪积 河湖相沉积 50～56 米	洪积 100 米 冰积 50 米 七个泉组 1250 米		下更新统:总视厚 1579 米	
第三系 上第三系	上新统	鄂博梁北山南坡、金鸿山以西地区,厚 2850 米	阿达滩南山北坡厚 1980 米	克腾哈尔不次郭勒剖面,厚 2371 米(未见顶)	桃斯托河上游、枪口盆地柯柯赛沟等地厚度大于 138 米	狮子沟组 986 米	狮子沟组厚 673 米	狮子沟组:早 2 井视厚 1221 米	狮子沟组 1176 米
						上油砂山组 1237 米	上油砂山组厚 822 米	上油砂山组:鄂 2 井 1798 米	上油砂山组 1331 米
	中新统					上干柴沟组—下油砂山组 1167 米	下油砂山组厚 1243 米	下油砂山组:碱 2 井视厚 2482 米	下油砂山组 1184 米
							上干柴沟组厚 848 米	上干柴沟组碱 1 井，视厚 785 米	上干柴沟组 616 米
下第三系	渐新统	阿尔金山中段 960 米	泥盆山北侧咸水河剖面厚 732 米	五龙沟剖面 1249 米 未见顶		下干柴沟组 664 米	下干柴沟组厚 1011 米	下干柴沟组碱 1 井视厚 1966 米	下干柴沟组厚 835 米
	始新统					路乐河组 337 米	路乐河组厚 1043 米	路乐河组碱 1 井视厚 267 米 未见底	路乐河组 822 米
	古新统								
下伏地层		犬牙沟群	晚古生代的花岗岩	元古界、二叠系或三叠系	三叠系	犬牙沟群	花岗岩		犬牙沟群

1.第三系

柴达木盆地及其周边各山区的第三系分布广泛，其中，盆地内部是连片分布，盆地周边各山区（德令哈地区除外）则是零星或断续分布。在盆地内部及德令哈地区，由于第四系的大面积覆盖，第三系露头主要见于各地面背斜构造所在地。

柴达木盆地及其周边各山区的第三系均属内陆沉积，由碎屑岩、粘土岩、碳酸盐岩及盐类沉积物等多种岩石组成，所含动物、植物化石及沉积物类型与特征表明，这是一套干燥或半干燥气候条件下的产物。

在柴达木盆地内部三区及北缘山区，第三系经划分、对比后自下而上划分为六个组，它们是路乐河组、下干柴沟组、上干柴沟组、下油砂山组、上油砂山组和狮子沟组。其余各地区的第三系由于工作程度较低，未能分统或建组。

(1) 路乐河组（E_{1+2l}）

1) 建组剖面　本组在路乐河构造出露完整且发育良好，故以路乐河东沟为建组剖面。

2) 分布　本组仅出露在柴达木盆地北部各老山的前沿，从北到南形成两个条带状露头区：北带西起红三旱一号，经赛西、驼南、结绿素、鱼卡、马海尕秀，东止于红山构造；南带西起无柴沟、经过苦水泉、大红沟、小柴旦，东止于埃姆尼克构造。

3) 岩性变化　在盆地西部，从钻井揭露的剖面来看，干柴沟—红柳泉一带岩性最细、颜色最暗，前者的上段为灰色砂岩、砾岩与灰、深灰色钙质泥岩、泥岩互层，中段为红、灰间互的砂岩、泥岩互层，下段变为棕红色的砂岩、泥岩互层；后者的泥质岩占全岩组的75%，其中，Ⅰ类暗色（浅灰—深灰）泥质岩厚195米，占泥质岩层24.8%。往东变红，变粗，跃127井井下剖面所见，上段以棕褐色泥岩为主夹同色碎屑岩，下段以棕红色中砂岩、细砂岩为主，棕褐色泥岩次之，夹同色粉砂岩及含砾砂岩。到了尖顶山—黄石一线，地层不仅全部变红，并且已呈暗紫红色。

在盆地北部井下所见的 E_{1+2l} 与地面露头岩性相似，只是往南有变细的趋势，如在仙3井井下，主要是砂岩、含砾砂岩，也含有一定量的灰紫色、棕褐色泥岩。

4) 厚度变化　根据地震解释成果及钻井资料，盆地西部西起阿拉尔—红柳泉—干柴沟—咸水泉一线，东至东柴山—黄石一带广大地区的地下有 E_{1+2l} 分布，西边红柳泉、干柴沟一带最厚（红深4井视厚度1040.5米、柴3井视厚度1043.4米均未见底，向东迅速变薄，跃进一号（127井）视厚度540米，东至东柴山、黄石一带已减薄为视厚度365米（东2井）～441米（东3井）；在盆地北部，路乐河组分布的南界已达葫芦山，有两个大厚度区，一是昆特依凹陷（昆特依1号、3号间视厚度1400米）及葫芦山（视厚度1300）、另一在冷湖五号与潜伏3号之间（视厚度1400米），向东、向北变薄，赛西—马海尕秀间厚306（平台）～790米（结绿素），红山北翼厚337.43米，向东尖灭；无柴沟—麻黄沟间厚298（无柴沟）～743.5米（红梁山），埃姆尼克构造已减薄为100.5米，再往东则尖灭。

盆地中部在地震剖面上 E_{1+2l} 和中生界无法区分，因此，中部地区 E_{1+2l} 是否连片分布尚难定论，但从牛鼻子梁参1井 E_{1+2l} 厚593米未见底，葫芦山地下厚1300米及288测线显示 E_{1+2l} 向南延伸至中灶火北30公里附近才尖灭等项资料来看，盆地中部仍有可能连片分有着 E_{1+2l} 地层。

在盆地西部南区，路乐河组的分布范围大于犬牙沟群（图1–3–2中之Ⅵ），这从跃127井、东3井和黄2井井下本组直接超覆不整合于花岗岩上，可以得到证明。

5) 接触关系　路乐河组在路乐河东沟与下伏犬牙沟群间呈走向交角不整合接触，在大

红沟一带与下伏犬牙沟群为整合接触。到了盆地西部，路乐河组直接超覆不整合于印支期花岗岩（跃127井）或加里东期花岗岩（黄石、东柴山井下）之上。

6）古生物及地质时代　路乐河组化石资料贫乏，迄今为止只在本组上部找到少量孢粉、轮藻、介形类和个别软体动物化石。

根据宋之琛（1985）的意见，本组上部孢粉组合"是以众多的麻黄粉属、楝粉属和栎粉属为代表的三沟及三孔沟类占优势、具孔类花粉少以及与菊科、藜科有关的分子开始出现为特征"[26]。该组合的地质时代只能属于始新世中晚期，因为它的特点与我国华南地区同时期的组合特征相符合。

本组上部所见轮藻化石与下干柴沟组下段中、下部的轮藻化石同属一个组合，即 *Croftiella humilis—Gyrogona qianjiangica*，根据轮藻化石❶的特征，本组合应与王振等人研究建立的 *Obtusochara jianglingensis—Gyrogona qianjiangica* 组合相当，后者产出于湖北荆沙组、湖南德山组、渤海沿岸沙四段、西藏牛堡组三段等地层，王振等❷定为中、晚始新世。

综合孢粉、轮藻两项化石资料来看，路乐河组上段可以划归中—晚始新世。

考虑到路乐河组上部未见化石，而路乐河组与下伏犬牙沟群（白垩系）间多数为整合接触，未发现两者间有重大沉积间断，故仍沿用青海石油局地质科学研究所1961年的意见，把路乐河组划为古—始新统。

(2) 下干柴沟组（E_{2+3g}）

1）建组剖面　本组在盆地西部干柴沟构造（地面接井下）剖面发育完好，化石也较丰富，具典型意义。

2）分布　下干柴沟组出露分布广，范围超过下伏路乐河组，是柴达木盆地中、新生界各组中第一个出露范围最广、连片面积最大的地层单位，断续出露在西起犬牙沟、东止来扎克、北起冷湖三号、南达昆仑山北坡泥盆山、盆地周边老山山前的环形地带中。据地震资料解释成果，本组还连片展布于敦格公路以西整个盆地地下深处。根据厚度变化趋势分析，敦格公路以东的东部地区也应有本组的分布。

3）岩性变化　从全盆地范围来年，本组在盆地西部是以山麓洪积相砂岩、砾岩和半咸水—咸水湖相泥质岩为主，河流相砂质岩次之；盆地北部与中、东部则以河流相及三角洲相的砂质岩为主（图1-3-2中之Ⅶ），半咸水湖相及河泛平原（或盆地）相的泥质岩次之。

在盆地西部，本组下段岩性粗（砂岩、砾岩为主）、颜色以棕红色为主，上段岩性细（泥质岩及碳酸盐岩为主），颜色以灰—深灰色为主，自下而上组成反映湖水推进的正旋回；冷湖地区与德令哈地区也有下粗上细的变化特征，但颜色变化不明显，上、下都以红色为主；马海—大红沟地区则上、下岩性变化不明显，都是灰绿、灰色砂质岩与棕红色泥质岩的不等厚间互层。

从盆地周边剖面与盆地内部剖面岩性比较，阿尔金山南缘的变化最大，由边缘向中心方向迅速变细。祁漫塔格山北缘出露者与阿尔金山南缘出露者相比，岩性较细，横向变化也较小。在哈尔扎以西的泥盆山北侧咸水河，出露了一套以泥质岩为主且有一定数量暗色泥质岩的地层。据青海石油局1958年117队的资料，该套地层厚约732米，分上、中、下三个部

❶据1982，"青海柴达木盆地西部地区下第三系轮藻化石组合"一文。

❷据王振等报告（1979）。

分，下部是砖红色粉砂岩、泥质粉砂岩互层，中部是土褐、灰绿色泥岩夹少量黄绿色砂质泥岩，上部是土褐、绿灰及蓝灰色厚层泥岩夹绿灰、黄色厚层砂质泥岩。中、下部地层中还夹有薄层泥灰岩及黄绿色页岩。前人将这套地层划为"N_1"即现分层的下油砂山组，本文依据其所含化石及岩性、旋回特征，将其改划为包含下干柴沟组在内的下第三系。

下干柴沟组的化学岩类主要集中分布于盆地西部地区。从现有井下剖面资料来看，狮子沟构造中、南部—红柳泉构造中、南部地区和南翼山地区分别是两个碳酸盐岩的富集区：在狮深20井，视厚度1747米的下干柴沟组中，石灰岩占3.4%，视厚度59.5米；泥灰岩占12.9%，视厚度224.7米；总计碳酸盐岩占全组的18.2%，视厚度317.8米。在南翼山构造南3井，碳酸盐岩含量比更高，在视厚度346米（未见底）的本组井段中，碳酸盐岩视厚度达141.4米，占全层段的40.9%。另外，狮子沟构造也是石膏、盐岩、芒硝等化学岩的富集地区，狮20井膏盐层集中井段厚达500米。

4）厚度变化　本组地面出露228（埃姆尼克构造）～1108米（红三旱一号一高点南翼），井下揭露的剖面中，视厚度最大者（尖3井）为1980米。根据地震资料解释成果，结合井下剖面分层资料，可以看出盆地内下干柴沟组有四个大厚度区，它们分别是一里沟东—红三旱四号北地区（视厚2200至3000米左右）；尖顶山—油泉子地区视厚度1980米）；七个泉—狮子沟地区（七深4井视厚度1841米未见底）及冷湖五号地区（冷深83井视厚度1820米）。

5）接触关系　下干柴沟组与下伏路乐河组间为局部假整合接触，在红三旱一号一高点南翼，见有侵蚀面。

在西部南区跃进二号构造井下，本组超覆不整合于花岗岩体之上。

6）古生物及地质时代　在德令哈地区的乌兰构造，本组产出脊椎动物化石乌兰原始犀牛，经鉴定后，被认为时代属渐新世晚期—中新世早期。

本组所产介形类中具时代对比意义者有 *Austrocypris levis* 和 *Cyprinotus giganto—triangulatus*，见于我国渤海湾沿岸始新—渐新世沙四段的上部，新疆准噶尔盆地始新—渐新世安集海河组西藏伦坡拉盆地早渐新世丁青湖组一段。

本组富产轮藻化石。下段的轮藻化石与路乐河组上部产出者同属一个组合，名为矮小克氏轮藻—潜江扁球轮藻组合，时代定为中、晚始新世；本组上段的轮藻组合名为中华梅球轮藻—干柴沟纯头轮藻组合，主要由 *Obtusochara*、*Gyrogona*、*Croftiella* 和 *Maedlerisphaera* 等属组成。据唐伦和等研究，与之相似的组合见于渤海湾沿岸地区沙二段至东营组、江苏三垛组、江汉盆地潜江组至荆河镇组、河南廖庄组及核桃园组的一部分、青藏牛堡组三段至丁青湖组，这些地层的时代被划归渐新世或晚始新—渐新世。

本组所产孢粉分上、中、下三个组合。

本组下部（或可能包括路乐河组顶部在内）的孢粉组合名为云杉粉—栎粉属—栋粉属组合。宋之琛等把该组合的时代定为晚始新世—早渐新世。

本组中部的孢粉组合名为拟白刺粉属—青海粉属—麻黄粉属组合。它的"最突出特征是拟白刺粉和青海粉属的含量高，前者平均含量约为40%，后者平均含量接近10%。……这类花粉从始新世就已出现，但它们的繁盛时期是在渐新世，例如时代为渐新世中、晚期的渤海湾沿岸地区沙河街组一至二段和江苏三垛组。因此，这一孢粉组合应与上述地层的时代大致相当。……值得提出的是，比较特殊的 *Nuxpollenites uerrucosus* 在柴达木盆地仅出现于本组合，相类似的标本见于西藏班戈县下第三系的早、中渐新世的第三孢粉组合中"。宋之琛

等依据孢粉组合的对比，把下柴沟组中部的时代定为中渐新世。

本组上部的孢粉组合名为麻黄粉属—拟白刺粉属—藜粉属组合。宋之琛等把本组合的时代定为晚渐新世，并认为它的时代比新疆库车苏维依组顶部第6孢粉组合的时代略晚。

综合考虑上述脊椎动物、介形类、轮藻和孢粉的时代划分意见，本文把下干柴沟组下段的时代定为晚始新世—早渐新世，把下干柴沟组上段的时代定为中、晚渐新世。

(3) 上干柴沟组（N_{1g}）

1）建组剖面　在干柴沟剖面，本组发育完好，化石较丰富，具典型意义。

2）分布　上干柴沟组的分布范围基本上与下干柴沟组相同，只是阿拉尔构造、七个泉构造中、西部及红柳泉构造西端各井剖面中缺失上干柴沟组。

3）岩性变化　与下干柴沟组相比，本组岩性有所变细，一个鲜明的特征是：除柴北沟牛鼻子梁等个别地区外，普遍缺失山麓洪积相的巨厚砾岩层，砾岩薄层也很少见，是一套河流相碎屑岩与半咸水—咸水湖相碎屑岩、粘土岩与化学岩组成的内陆沉积物。

盆地西部地区上干柴沟组是半咸水—咸水湖相泥质岩为主、河流相砂质岩为次的沉积，西部南区（干柴沟—油泉子一线以南），自下而上地层颜色由灰变红，化石特征也由指示较深水环境变为指示浅水环境，显示出湖水变浅的反旋回沉积序列。

在盆地西部，就盆地周边各剖面的岩性与盆地内部各剖面的岩性比较而言，上干柴沟组同样也是从阿尔金山南缘向盆地中心迅速变细：由砂岩、砾岩为主或砂岩、泥岩互层变成基本上以暗色泥质岩和碳酸盐岩为主要成分的地层。不过，碳酸盐岩的平面分布与下干柴沟组略有不同，是以油泉子—南翼山地区为富集中心，而狮子沟中、南部—红柳泉中、南部地区的碳酸盐岩厚度含量已减薄，在狮子沟构造，上干柴沟组虽然仍见有较多的膏盐和芒硝沉积，但单层厚度比下干柴沟组所见者小，而且基本上集中在本组的下段，向上明显减少直至消失。

在盆地的北部地区，本组在纵向上的岩性变化不明显，横向上的变化也不大，主要都由河流相、三角洲相的灰绿、灰色砂质岩和河泛平原（或盆地）相棕红色泥质岩的不等厚互层组成，只是冷湖地区的泥质岩和马海—大红沟地区的砂质岩较厚。和在盆地西部一样，区内的本组上段，也是杂色泥岩的集中分布层段。

在盆地中部，现有的井下剖面资料表明，上干柴沟组也有自下而上泥质岩类颜色变暗的变化趋势，只是不及西部地区明显。

4）厚度变化　上干柴沟组的厚度在全盆地范围内变化不大，一般为500～850米，地面出露330（冷湖三号）～856米（路乐河），井下揭露者最大视厚度可达1294米（柴深1井）。从全盆地来看，有两个明显的区域性大厚度区：一个是干柴沟—狮子沟地区（柴深一井视厚1293.3米，狮深14井视厚度为1205米）；另一个是红三旱四号地区（地震资料解释成果表明，上干柴沟组视厚度达1400米左右）。此外，冷湖五号还是一个局部性的大厚度区（冷深12井视厚度为1106米）。总的来说，盆地边缘剖面的厚度较小，向盆地中心方向增厚。这种变化在阿尔金山南缘尤为明显。

5）接触关系　本组在盆地各地均与下伏下干柴沟组为整合接触。在西部南区，上、下干柴沟组间的分界面正处于由暗色泥质岩组成的一个全旋回沉积的中央部分，是连续沉积。

6）古生物及地质时代　与下干柴沟组相比，本组的古生物资料显得数量少、种类单调。

介形类化石具时代对比意义者有 *Hemicyprinotus valvaetumidus* 和 Mediocypris

candonaeformis，前者见于新疆的早中新世，后者见于苏联、捷克的中新世。轮藻化石十分贫乏，难以提供时代划分意见。

孢粉组合名为桦科—藜粉属—凤尾蕨组合[26]，这一组合的成员中出现了仅见于晚第三纪的苣菊粉属、蒿粉属和莎草粉属，藜粉属的含量占 15～22%，松科花粉含量在本组下部达 25%，上部略有减少，为 20%左右；云杉粉属和冷杉粉属含量较高[26]。在把整个花粉组合与我国早、晚第三纪孢粉组合进行比较，宋之琛等把上干柴沟组的时代定为中新世早、中期。

综合上述介形类、孢粉关于本组时代划分的资料，并考虑了上覆下油砂山组的时代被划归晚中新世（详见后），本文把上干柴沟组的时代定为早、中中新世。

(4) 下油砂山组（N_{1y}）

1）建组剖面　本组在盆地西部油砂山构造油砂沟剖面出露完整、厚度较大且有一定的化石资料，具典型意义。

2）分布　下油砂山组的分布范围与下伏上干柴沟组基本相同，只是在七个泉中、西部一带因本组超覆不整合于下干柴沟组之上而略大于上干柴沟组。

下油砂山组的地面露头和下伏上干柴沟组一样，也呈环带状断续散布于柴达木盆地内部三区靠近老山的边缘地带，但其出露点比上干柴沟组多。除不整合剖面外，前述各见有上干柴沟组的构造上也都有下油砂山组出露，另外，上干柴沟组未出露而已见有下油砂山组露头的构造有：存迹、油泉子、冷湖六号和东陵丘等。在盆地北缘山区的红山、德令哈地区，除已出露上干柴沟组的各构造同时也有下油砂山组而外，见有本组出露的构造还有托东、乌兰和土尔岗等。

3）岩性变化　在赛什腾山西南缘、阿尔金山南缘和祁漫塔格山北缘，本组岩性比下伏上干柴沟组粗，泥质岩颜色也较红。以结绿素剖面为例，上干柴沟组是棕红色、杂色的砂质泥岩为主，下油砂山组则是土红、灰黄色的砾岩为主。红三旱一号五高点南翼剖面的上干柴沟组是灰绿色厚层泥岩为主，下油砂山组变成灰色砂岩、砾岩为主；西岔沟剖面上干柴沟组是黄绿、灰色钙质泥岩、褐色砂质泥岩与灰色粉砂岩的互层（砂质岩占 49.5%，暗色泥质岩占泥质岩总厚的 31.5%），下油砂山组变成棕灰、黄灰色砂岩和棕红色泥质粉砂岩为主，夹棕红色砂质泥岩、杂色泥岩、黄色疙瘩灰岩和少量砾岩（砂岩、砾岩占 82.5%，暗色泥质岩仅占泥质岩总厚的 3.3%）；油砂山构造油砂沟砂 2 井的上干柴沟组是大段灰色、深灰色及棕黄色的泥岩夹白色的砂岩、粉砂岩。下油砂山组为绿灰、黑灰色的砾状砂岩、砂岩与棕褐色砂质泥岩的间互层。再如东柴山剖面的上干柴沟组是棕灰色、灰绿色和黄灰色的钙质泥岩为主，棕灰色灰岩次之，下油砂山组是灰绿、棕灰色的砂岩为主（砂质岩约占 70%），棕红色的含砂泥岩和棕灰色灰岩次之。在盆地北部的冷湖—南八仙和马海—大红沟地区，下油砂山组与上干柴沟组间的变化不明显，盆地中部则有岩性变细、颜色变灰的趋势。

关于下油砂山组的横向变化，柴达木盆地内部三区除上述靠近老山的各边缘剖面所见较粗、较红外，靠近盆地中心的各剖面间呈现出由东向西变细、变灰的变化趋势。在盆地北缘山区，由南往北岩性变粗，耒扎克以粉砂岩、细砂岩和砂质泥岩为主，怀头他拉则是以砾岩为主。

下油砂山组碳酸盐岩的分布和下伏上、下干柴沟组一样，仍是集中见于盆地西部地区，据现有井下剖面资料统计，其富集中心位于南翼山—油泉子—大风山西端之间，它们的下油砂山组碳酸盐岩含量分别为 13.7～18.8%（南翼山）15.5%（油 6 井）和 23.2%（风 3

井），该富集中心的位置与下伏上干柴沟组相比，已明显向东迁移。

4）厚度变化　下油砂山组地面出露厚150（怀头他拉）～1493.4米（沙滩边），井下揭露者最大视厚度为2482米（碱2井）。据地震资料解释成果，红三旱四号以北，下油砂山组视厚度可达2900米。

在盆地西部、北部和中、东部三区，本组有两个大厚度区，一个就在上述红三旱四号以北、一里沟与一里坪之间；另一个在黄石—北乌斯一带，黄石剖面厚1426米，北乌斯参一井视厚度为1511米。

5）接触关系　在盆地西部阿拉尔、七个泉和红柳泉西端的井下，本组超覆不整合于下干柴沟组之上；在红柳泉构造的中部与南部，本组超覆不整合于上干柴沟组下段之上；在红沟子黑石山剖面，本组超覆不整合于中侏罗统之上；在红三旱一号三高点本组与上干柴沟组为一明显的侵蚀面。除此而外，本组与下伏上干柴沟组间均为整合接触。

6）古生物和地质时代　本组顶部产有三棱齿象，据周明镇意见，其时代为晚中新世—早上新世。

本组产出的介形类化石中，具时代对比意义者 *Cyprinotus scholiosus*，该种在新疆见于中新统上部塔西河组❶。另外，本组下段的标准化石 Mediocytherideis ninae 在苏联亚美尼亚中新统康克斯基层中也被发现。

下油砂山组的轮藻化石属于黄氏有盖轮藻—卵形粒轮藻组合中的卵锥迟钝轮藻亚组合，它以 *Tectochara* 的空前繁盛为主要特征，*Tectochara* 最繁盛时期是中新世，如湖北的广华寺组、新疆的吉迪克组至康村组下段。据此，从轮藻化石的对比，可以把下油砂山组的时代归入中新世。

下油砂山组（或其下部）产出的孢粉组合名为松科—藜粉属—桦科组合，宋之琛等据此划定其时代为中中新世晚期至晚中新世。

综合以上脊椎动物化石、介形类、轮藻和孢粉化石的资料来看，把下油砂山组的地质时代划为晚中新世较为适宜。

(5) 上油砂山组（N_{2y}）

1）建组剖面　在油砂山油砂沟剖面和隧道沟剖面，本组发育完好，有一定的化石资料，具典型意义。

2）分布　本组分布范围与下油砂山组大致相同，只是尖北潜伏至红三旱一号一带第四系超覆不整合于下油砂山组之上，本组缺失。本组出露地点则比下油砂山组广泛。在柴达木盆地内部，除中、东部地区和西部地区东端的第四纪背斜构造外，绝大多数的第三纪背斜构造上都有本组出露。在盆地北缘山区，也出露于各第三纪背斜构造之上，是该区出露地层最广的一个第三纪地层组。

3）岩性变化　在赛什腾山西南缘、阿尔金山南缘和祁漫塔格山北缘，本组岩性比下伏下油砂山组粗，例如，潜伏一号1井井下的下油砂山组是灰黄色砾状砂岩与土黄色砂质泥岩的互层，上油砂山组变成深灰色砾状砂岩及含砾砂岩为主。又如，阿尔金山南沿各剖面的上油砂山组，红三旱一号三高点南翼是一套灰色泥质砾岩，西岔沟剖面是灰色细砾岩、砂岩与棕褐色泥质粉砂岩、砂质泥岩的互层，油砂山剖面是灰棕、浅棕黄色的砂岩、泥岩、砾状砂岩和砾岩的互层，岩性都比本剖面的下油砂山组粗。再如东柴山剖面，本组下部的岩性与下

❶新疆石油管理局的资料曾定为*Hemicyprinotus valvaetumidus*。

油砂山组比较接近，但上段出现厚层砾岩，岩性仍然变粗。

在盆地中心地带的剖面，本组与下油砂山组间岩性变化不大，但有变细的趋势。

本组所含碳酸盐岩的数量比下油砂山组略少，富集中心仍在南翼山（8.5~15.3%）与油泉子（含 17.4%）一带。

在盆地北缘山区，本组上部以黄、黄褐或褐灰、棕黄色含砂泥岩、砂质泥岩为主，与本组下部及下伏下油砂山组的砂岩、泥岩互层相比，岩性显著变细。

在横向变化上，本组在盆地内部三区表现为边缘粗而红、中心细而灰，在盆地北缘山区，横向变化不明显。

4）厚度变化　上油砂山组地面出露厚 354（平顶山）~1418 米（西岔沟），井下揭露最大视厚度达 2232 米（油墩子构造墩 5 井）。

在盆地内部三区，总的来看，上油砂山组的厚度横向变化是：盆地中心最厚，向盆地四周逐渐变薄。其中，有两个视厚度超过 2000 米的大厚度区，一个在墩 5 井及其以北，另一个在旱 2 井以北，前者视厚度可达 2700 米左右，后者的视厚度可达 2000 米。

在盆地北缘山区，由西向东厚度增大，红山厚 603 米；怀头他拉厚 675 米，可鲁克厚 1237 米。末扎克—巴依一带最厚，前者厚 1242 米，后者厚 1450 米，但往南又复变薄，巴图构造厚仅 790 米。

5）接触关系　本组与下伏下油砂山组间为区域性的整合接触关系。

6）古生物和地质时代　在南八仙构造，据青海石油管理局 1963 年 128 队资料，本组上部产有师氏剑齿象（近似种），周明镇鉴定后认为其时代为上新世；在南红沟构造，据中国科学院兰州分院资料，本组中部产有鹿科和无角犀，时代为上新世中、下部。

本组介形类化石是以大量繁盛 *Cyprideis* 属为特征，这个属的地质历程始于中新世，在上新世大量广布于全世界，与国内西北地区的几个盆地相比，似以划归上新世较为适宜。

上油砂山组的轮藻化石名为黄氏有盖轮藻—卵形粒轮藻组合宽形似轮藻亚组合，它以 *Charites* 和 *Tectochara* 两个属占主导地位为特征，根据唐伦和的意见，其时代为中新世—上新世。

上油砂山组的孢粉组合名为松科—菊科—藜粉属组合，宋之琛等依据菊科大量发展是在上新世之后，草本植物花粉数量明显超过木本被子植物花粉在北半球各地也是普遍存在于上新世等资料，并在把本组合与西藏上新统孢粉组合相对比，发现其共同特征都是松科、草本植物很多，故把本组合的孢粉组合划归上新世。

综合考虑上述脊椎动物、介形类、轮藻和孢粉的时代划意见以后，本文把上油砂山组的时代定为上新世。

(6) 狮子沟组（N_{2s}）

1）建组剖面　在狮子沟构造的北翼剖面，本组出露完整，发育较好。化石较多，具典型意义。

2）分布　本组分布范围明显小于下伏上油砂山组。是下第三系下干柴沟组以上层系分布范围最小的一个组。

在盆地北部地区，冷湖五号三高点及其以北地区，第四纪地层超覆不整合在上油砂山组之上，在赛什腾山南沿的平台构造和绿梁山南沿的无柴沟构造，第四系也超覆不整合在上油砂山组之上；而在冷湖五号—平台—无柴沟三地间联线以北、以东的地区内，或者缺失狮子沟组、或划出狮子沟组山麓洪积相巨厚砾岩层（均无化石依据）而无层状泥质岩产出，这表

明即便有本组存在，也不可能是河、湖相沉积。

在盆地西部南区，狮子沟组分别超覆不整合于下干柴沟组（红柳泉西端的深2井）和上油砂山组之上（阿拉尔、红柳泉的中部和南部等地区钻井资料）。在盆地西部北区的尖顶山至红三旱一号间缺失狮子沟组。

在盆地中部，达参1井井下缺失狮子沟组，第四系七个泉组直接覆盖在上油砂山组之上。

根据上述资料可以看出：在盆地西部的南区，狮子沟组是湖进型沉积，而在盆地西部的北区、北部地区和中部地区的东端，狮子沟组是湖退型的沉积。

本组地面出露范围和下伏上油砂山组接近，除上述缺失本组的地区外，盆地内部三区各第三系背斜构造的翼部都有露头分布，连片程度高于上油砂山组。在盆地北缘山区的红山、德令哈一带，多数背斜构造上见有本组出露。

3）岩性变化　狮子沟组在盆地内部三区的岩性比较稳定，边缘剖面以山麓洪积相的巨厚砾岩为主，盆地中心以咸水湖、沼相的泥质岩为主，富含碳质及膏盐。

在西部南区，与下伏上油砂山组相比，岩性变细，颜色变灰，以西岔沟剖面为例：狮子沟组变成灰色砂质泥岩为主，夹灰色砂岩及浅棕灰色砾岩。

在盆地西部北区，本组与下伏上油砂山组间的岩性粗细及颜色变化不明显，但碳酸盐岩减少，膏盐层增加。以大风山的风3井为例：上油砂山组与狮子沟组两者均以灰色泥岩为主，前者的下部夹多层泥灰岩，后者只夹少量钙质泥岩，但夹较多泥膏岩和含膏泥岩。再以黄石构造地面剖面为例：狮子沟组是灰色—褐灰色泥岩、砂质泥岩和白色岩盐层与黑灰色的石膏层的间互层，化学岩的含量由下而上增加。据此并结合本组湖相地层在西部北区和盆地中部地区的退缩来看，西部北区和盆地中部地区的湖区缩小和湖水进一步咸化和浓缩是很明显的。

在盆地北缘山区，红山北翼、可鲁克和怀头他拉一带岩性变粗，以棕色砾岩为主，夹砂岩、砂质泥岩和泥岩，向东至乌兰构造及其以东地区，岩性变细成为砂质泥岩、泥岩为主，泥质岩的颜色则以黄褐、灰白色为主。

4）厚度变化　本组出露地面厚372（冷湖七号西高点）～1807米（凤凰台剖面），根据地震资料解释成果，旱2井以北本组视厚度达1800米，这样就形成两个大厚度区，一个在红三旱四号至鄂博梁2号至一里沟间，另一个在凤凰台至茫崖一带。从整个盆地内部来看，仍是边缘薄，中心厚，变化梯度最大者在阿尔金山中段的山前。例如，咸水泉构造中部华岩山高点北翼本组厚597米（顶不全），往东到了构造东端的咸水泉高点，本组的厚度就增至1320米以上，足见其增厚之快。

5）接触关系　在西部地区西端的阿拉尔、七个泉和红柳泉构造，本组与下伏上油砂山组间为超覆不整合接触，另外，在赛什腾山西南沿的三台红柳水沟及结绿素两地，本组与下伏上油砂山组间为不整合接触，在其它剖面上，二者均为整合接触。

6）古生物及地质时代　乌兰构造本组上部产有哺乳类化石 Cervidae，*Chilotherium* sp.，*Machairodus* sp.，它们均为上新世中、晚期的代表分子。

介形类化石组合中有许多第四纪开始大量繁生的种，如 *Heterocypris salina*，也有许多常见于上第三系的种，如 *Eucypris concinna*，整个组合显示出一个由第三纪向第四纪过渡的特征。其中，本组的标准化石 *Microlimnocythere reticulata* 和 *Candoniella formosa* 等均在共和盆地上新统曲沟组中见到。

狮子沟组的轮藻组合是以似轮藻属占优势为特征，在下伏上油砂山组中居于优势地位的有盖轮藻已退居次要地位。考虑到柴达木盆地现代水域中至今尚未采到有盖轮藻，几乎是清一色的似轮藻，而本组上覆第四系中似轮藻占优势，有盖轮藻的数量已进一步减少。因此，可以把本组轮藻组合的上述组合特征看作是第三纪末期的标志。

本组产有较多腹足类化石，其中既有 *Valvata naticina*, *V. piscinalis*, *Gyraulus*, *Raevis G.membranaceus* 等现生种，也有 *Valvata gregaria*, *V. skniadica* 等见于地中海东岸附近的第四纪种，还有以上油砂山组以至下油砂山组延续上来的 *Hydrobia acuta*, *Hydrobia* cf.*sandbergeu*, *Gyraulus keidli*, 充分显示了一个由第三纪向第四纪过渡的腹足类动物群特征。

本组的孢粉组合名为蒿粉属—麻黄粉属—藜粉属组合。宋之琛等认为我国蒿粉属分布于上新世和第四系下部，据此认为以蒿粉属为优势分子的组合起码应划入上新世。另外，宋之琛等还以当前组合与上油砂山组所见有继承性为据，把本组合的时代定为上新世晚期，而把下伏上油砂山组的组合进一步划定为上新世早期。

综合考虑上述各门类化石时代划分意见以后，本文把狮子沟组划为晚上新世。

(7) 未分下第三系 (E)

断续出露于阿尔金山中、东段南坡区、祁漫塔格山区和布尔汉布达山区内的小盆地中。

在阿尔金山中段、布尔汉布达山区的阿拉克湖西北—乌兰乌苏郭勒河北侧及红土沟—红沟—五龙沟一带，所见均为红层，岩性较粗，主要为紫红、砖红色砂岩、砾岩，次为同色的泥质岩及黄褐色砂岩，其中，五龙沟和阿拉克湖西北一带自下而上由粗变细又变粗，组成一个全旋回；祁漫塔格山中段泥盆山所见岩性较细已如上述，是以褐灰、灰色和黄色泥质岩为主，自下而上由粗变细，是个正旋回；秀沟北山所见则是以杂色粉砂岩、砂质泥岩为主，自下而上由粗变细，雅木乌兰一带夹有砾岩和石膏层。

上述各地所见本岩系露头的厚度变化较大：阿尔金山中段厚940余米，泥盆山北侧咸水河剖面为732米，五龙沟剖面厚1249米，阿拉克湖西北一带（口诺乌拉山剖面，前人划为中新统●，现据岩性对比改划为下第三系）厚2882.5米，红土沟一带最薄，只有280余米。

本岩系与下伏犬牙沟群在阿尔金山中段红柳沟为不整合接触，其余地区未见它们直接接触，在区域上，本岩系不整合于各个不同的前白垩纪地层之上。

本岩系未找到化石，现据其岩性特征（砂岩、砾岩为红色）与柴达木盆地内部三区第三系进行对比的结果，将其划为下第三系。

(8) 未分上第三系 (N)

出露地区与上述未分下第三系同，但露头分布范围大于未分下第三系。

这套地层主要由灰色、黄绿色的砂岩、砾岩和泥质岩组成，自下而上由粗变细、再由细变粗，大致形成一个全旋回。在阿尔金山中段的鄂博梁北山南坡及金鸿山一带厚2850米，往南到了祁漫塔格山区的阿达滩南山，减薄为1980米，往东到了布尔汉布达山区的克腾哈不次哈郭勒剖面又复加厚至2371米。

本岩系未与下第三系直接接触，两者间的接触关系不明。

在阿卡腾山南麓、克腾哈不次郭勒和阿拉克湖西北，这套地层分别不整合于未分下古生

●据埃肯德勒斯特幅区调报告（1/200000）。

界、下二叠统和三叠系之上。

本套地层中产有介形类、腹足类和轮藻化石。在克腾哈不次郭勒，产出于本岩系上部的有 *Candoniella formosa*，产出于下部的有 *Candoniella subcylindrica*，前者是柴达木盆地内部三区晚上新世狮子沟组的标准化石，后者是盆地内部早上新世上油砂山组的标准化石。据此可以将该剖面的本岩系划归上新世，但考虑到盆地周边各山区第三系的划分对比工作程度还较低，为叙述之便，仍将本岩系的地层时代笼统定为晚第三纪。

2.第四系

柴达木盆地及其周边各山区的第四纪地层十分发育，是中、新生代各时期沉积中分布范围最广，出露面积最大的地层。

区内第四系由山麓洪积相—河、湖相的碎屑岩、粘土岩和化学岩所组成，和第三系一样，也是一套干燥气候条件下的内陆沉积。

在柴达木盆地内部及北缘山区，中、下更新统地层已建组，名为七个泉组，其余各统及其它地区的第四系都未建组。

(1) 七个泉组 (Q_{1+2q})

1) 建组剖面　柴达木盆地西部地区七个泉构造出露七个泉组地层完整，产有一定的化石，具典型意义。

2) 分布　本组广泛出露于柴达木盆地内部二区和盆地北缘山区的德令哈一带。主要见于各第四纪背斜构造及第三纪背斜构造的翼部，是盆地内部地层露头连片面积最大的一个组。据地震解释成果，在整个柴达木盆地内部的地下，都有本组地层存在。

在尖北潜伏构造、冷湖五号南翼至布尔汉布达山北沿的大水沟—甜格里，本组地层分别超覆于上、下油砂山组、上干柴沟组和花岗岩体之上，这说明第三纪末期湖水范围缩小之后，第四纪初期曾经有过大范围的湖进，致使以泥质岩为主的七个泉组几乎遍及全盆地，沉积速度达 0.14 毫米／年，Q_{1+2} 面积可达 29000 平方公里，具有良好的生气条件，目前该区已发现四个气田。

3) 岩性变化　本组岩性变化比较有规律，基本上是从边缘到中心，岩性从粗变细、颜色由黄变灰，以七个泉—狮子沟—油砂山、红三旱一号、冷湖四号和南红沟为例，都是巨厚的山麓冲积扇相的灰色砾岩层夹少量灰黄、灰绿色泥质岩；往盆地中心方向变细、变灰；以东陵丘和冷湖五号为例，前者是灰色、灰土黄色砂岩、粉砂岩和土棕、土黄色砂质泥岩的互层，后者是灰绿色砂质泥岩、泥岩与灰色砾岩、砾状砂岩的互层夹少量砂岩，到了盆地中心，以涩北二号井下剖面为例，是以浅棕灰—浅灰—灰色的泥岩为主，夹同色粉砂岩薄层。

本组在纵向上的变化不明显，在盐湖、东陵丘、鸭湖等剖面，大致显示为一个粗→细→粗的旋回。

4) 厚度变化　本组地面出露最厚者大于 895 米（盐湖构造，未见顶底）。井下剖面已被揭露的最大视厚度可达 2354 米（达布逊湖南侧的达参 1 井）。据地震资料解释成果，涩聂湖（西达布逊湖）附近第四系厚度最大，其中，本组的视厚度估计在 2500 米以上。从全盆地范围来看，边缘地区的厚度小，一般为数十米至数百米不等，中心地区的厚度大，最大厚度区在东、西台吉乃尔湖—涩聂湖—达布逊湖（东达布逊湖）之间。

在德令哈地区，本组在老山边缘的剖面上厚 81（大浪构造）～543 米（德令哈构造），靠近湖盆中心的地区厚度加大，可鲁克剖面厚达 1250 米。

5) 接触关系　在盆地内部三区的老山前缘，局部可见本组与下伏狮子沟组为不整合接

触（见于七个泉、尖顶山等地），但较多者则是与前晚上新世各时期的沉积呈超覆不整合接触。在盆地中心地区，本组与下伏狮子沟组间是整合接触。

6）古生物与地质时代　本组产有更新世初期的脊椎动物化石——东方剑齿象。

本组产出的介形类化石组合中，除少数种而外，大多数都是现生种，另有一些第四纪特有的种，第三纪所特有的种已基本绝迹。本组合的主要分子有 *Leucocythere mirabilis*, *Candona neglecta*, *C. candida*, *Candoniella lactea*, *Heterocypris salina*, *Ilyocypris inermis*, *I. biplicata*, *I. gibba*, *Prionocypris gansengensis*, *Eucypris inflata*。这些种也在国内外的第四纪地层中广布。值得提出的是，本组底部的标准化石 *Qinghaicypris crassa* 和 *Microlimnocythere sinensis* 同样也是邻区共和盆地下更新统共和组下部的标准化石。在共和盆地这两个种产出层位之间的层段里，采到更新世初期的 *Myospalax arvicelinus*（鼢鼠），更新世初—中期的 Cervinae（鹿亚科）和更新世的 Proboscidea（长鼻目）（李玉清鉴定）。

本组产有丰富的腹足类化石，其中，大多数是现生种，常见者有 *Valvata piscinalis*, *V. cristata palustris*, *V. naticina*, *Armiger cristatus*, *Succinea oblonga*, *Pupilla muscorum*, *Radix lagotis*, *R. auricularia* 等，还有我国第四系特有的 *Radix graubaui*, *Gyraulus chihliensis* 和国内外第四系常见的 *Valvata gregaria*, *Galba pervia Radix plicatula* 等，显示出鲜明的第四纪色彩。本组孢粉化石组合的主要特征仍是指示干旱的草本植物在组合中占优势（甚至可高达 50%），针叶林和被子植物中的乔木更进一步地减少而与柴达木的现代植物接近。

综合上述化石资料，并考虑到本组底部的化石、沉积物特征都显示出一次古气候的变冷（与第四纪初期的冰期相当），本组的地质时代可划归早—中更新世。

（2）上更新统—全新统（Q_{3+4}）

在柴达木盆地内部及周边各山区，上更新统和全新统往往不好区分，故合并叙述其在全区的概貌。

上更新统和全新统（以下简称本岩系）在柴达木盆地内部及四周山区分布广泛。在盆地内部，分布在各背斜构造上者往往以高阶地的形式或坡积的形式保存下来，而在向斜部位则多呈戈壁滩、沙丘、河床沉积、河漫滩或河床阶地的形式出露于地表；在现代湖沼周围则以湖滨阶地、湖滩、湖底淤泥等形式出露。主要岩性为灰、灰黄色砂岩、砾石层及粉砂、粘土层，在盆地周边各山区及盆地内部靠近老山的地带，岩性较粗，厚度较小（一般不超过 100 米），在靠近盆地中心的地区，岩性变细，以粉砂、粘土和盐类沉积为主，厚度较大。以达布逊湖区井下剖面为例，本岩系视厚度达 425 米，其中石盐层最厚可达 30 余米。

本岩系在盆地四周山区及盆地内部边缘各剖面，普遍不整合于下伏七个泉组之上；在盆地中心地区则与七个泉组为整合接触。

本岩系产有较多介形类化石，绝大多数为现生种，除上述七个泉组所见介形类属、种在本岩系中也有发现外，还新出现了 *Cytherissa lacustris*, *Candona candida*, *Dolerocypris fasciata*, 等一批现生种，从而使整个介形类的组合面貌与国内外相似环境下现代沉积中所见者更为接近。

除介形类之外，本岩系中还产出腹足类、瓣鳃类和轮藻化石。它们和介形类一样，也都是现生种。

从上述化石资料来看，把本岩系与下伏七个泉组加以区别并定其为晚于七个泉组的上更新统及全新统，是比较适宜的。

第三节 岩 浆 岩

一、柴达木盆地周边各山区

柴达木盆地的岩浆岩主要出露于周边各山区，对其进行调查研究最为详尽者是青海省地质局所属各队和青海省地质科学研究所。现根据1981年青海省地质图说明书并综合中国科学院及青海石油局的资料为主要依据叙述如下：

1.侵入岩

区内发育了从古生代至中生代各个时期的侵入岩，但以晚古生代的岩体为主。在平面上，是以祁漫塔格山—布尔汉布达山的北坡出露面积为最大、展布也最广。本区各期岩体大多呈带状分布并与区域构造线方向一致。就类别而言，区内各期侵入岩中以中酸及酸性岩为主。

(1) 早古生代侵入岩

1) 超基性、基性岩类

a.超基性岩体出露于阿尔金山和柴北缘山区。

金泉山和茫崖镇西北，蛇纹石化橄榄岩及蛇纹岩，即茫崖石棉矿的母岩。侵入于下古生界中。

乌妥上游主要呈脉状产出，为蛇纹石化、次闪石化的二辉橄榄岩和辉橄岩，侵入于下古生界中。

都兰沙柳河地区：蛇纹石化及蛇纹岩为主，侵入于元古界和下古生界中。

绿梁山：由14个大小岩体组成，顺层侵入形成单斜岩体，主要岩石有纯橄榄岩、斜辉辉橄岩、辉石岩、蛇纹岩和蚀变辉长岩，侵入于元古界及下古生界中，未见侵入上古生界，故其时代应早于晚古生代。岩体内捕虏体角闪片岩，用铷—锶法测得同位素年龄值为4.4亿年❶。

b.基性岩　出露于阿尔金山、柴北缘山和赛什腾山。

多罗尔什和平顶山：细粒辉长岩和蚀变辉长石，呈岩株状分别侵入下元古界及下古生界。

阿移项山：角闪辉长岩或角闪闪长岩。

布赫特山北缘：暗绿色辉长岩，沿中(?)、下元古界界面侵人。

赛什腾山主峰南、北坡：辉长岩，侵入于上奥陶统赛什腾群，并被同位素年龄值为3.08亿年的晚古生代花岗闪长岩侵入，时代应为早古生代中期。

2) 中性岩类　出露于柴东缘山区的都兰夏日哈东和哇洪山等地。均呈小扁豆状或小岩株状侵入于元古界和下古生界中。

夏日哈东阿斯扎山：变角闪闪长岩，岩体长轴与围岩方向一致。

哇洪山：闪长石，边部形成石英闪长岩或花岗闪长岩，侵入下古生界之中。

阿移项山至阿汉达来一线以南：侵入下古生界。

阿木尼克山西端：被上泥盆统不整合覆盖，时代理应早于晚古生代。

小赛什腾山　岩体同位素年龄值为4.43亿年，时代为早古生代中期。

---

❶据1981年青海省地质科学研究所资料。

3）中酸及酸性岩类　出露于阿尔金山区的多罗尔什以东和茫崖镇北山等地。现分述如下：

多罗尔什以东　斜长花岗岩，侵入于下古生界，同位素年龄值为4.60亿年，应为早古生代中期。

茫崖北山　灰绿—暗绿色花岗闪长岩，可相变为似斑状花岗闪长岩，岩体中部为石英闪长岩，侵入下古生界，同位素年龄值为4.27亿年及3。70亿年（?），时代属早古生代晚期至晚古生代早期。

诺木洪河中游以西　灰白、浅红色中细粒花岗岩。

乌兰县北果可山　肉红色花岗岩，呈岩株状顺层侵入元古界，同位素年龄值为4.24亿年，时代为早古生代晚期。

锡铁山北　花岗闪长石及花岗岩，呈岩株状顺层侵入元古界。

(2) 晚古生代侵入岩

1）超基性、基性岩类

a.超基性岩　区内仅出露于祁漫塔格，呈岩脉状侵入于上泥盆统，时代为晚古生代早期。

b.基性岩类　出露于下列地区：祁漫塔格山区的祁漫塔格和那棱格勒河口以东；布尔汉布达山区的格尔木河水文站；柴东缘山区的尕海北和埃姆尼克山。

祁漫塔格、那棱格勒河口以东和格尔木河水文站以东：主要岩性为角闪辉长岩，呈小扁豆体或呈脉状侵入于元古界及下古生界中，岩体数量极少，分布零星。时代依据不足，暂仍从前人意见，定为晚古生代。

尕海北　侵入于下元古界中，其时代经与下述埃姆尼克山的辉长石岩体对比后，暂定为晚古生代。埃姆尼克山　辉长岩，侵入于上泥盆统中，与地层走向基本一致。

2）中性岩类　出露于阿尔金山区的多罗尔什，鄂博梁以北哈南巴尔山隘等地，分述如下：

多罗尔什西南　岩体侵入泥盆系和石炭系，同位素年龄为2.32亿年。

鄂博梁以北的哈南巴尔山隘以西　岩体经受过变质，交代蚀变作用强烈，常具片麻状构造。

牛鼻子梁西　石英闪长岩，侵入下古生界。在牛鼻子梁一带还有闪长岩，侵入于下元古界和下古生界之中，该闪长岩又被中生代岩体侵入。

祁漫塔格　多为残留体，赋存于晚古生代晚期花岗岩中，侵入上泥盆统且被下石炭统所覆盖，故时代属晚古生代的早期，最大岩体面积为10平方公里，为灰绿色细粒闪长岩。

那棱格勒河上游南岸以及开木其河至灶火河一带，未分晚古生代闪长岩。

格尔木以南　晚古生代晚期中粒闪长岩。其中，灶火河至大格勒沟一带的闪长岩，与同位素年龄为2.28～2.73亿年的晚古生代晚期至三叠纪早期花岗闪长岩多呈相变关系，故其时代应为晚古生代晚期—三叠纪。

托索湖以北的智育以东　岩体被下三叠统以不整合覆盖，时代早于三叠纪。

阿拉克湖北—鄂拉山一带　主要岩性为闪长岩与石英闪长岩，鄂拉山南端的都龙呆毛岩体内部为闪长岩，边部为石英闪长岩。

香日德南山南坡　可可沙岩体为略偏基性的未分晚古生代闪长岩。

乌兰县南山及其以北的果可山　呈岩株状或不规则状，长轴方向与地层走向一致。果可

沟上游的主要岩性为粗粒辉石闪长岩（内带）、中粒闪长岩（中带），细粒石英闪长岩（外带），形成长约23公里的椭圆形岩体，顺层侵入于石炭系中，同位素年龄为2.70亿年，时代属晚古生代晚期。

3）中酸、酸性岩类　出露于阿尔金山区的鄂博梁以北、牛鼻子梁以北、大通沟南、北山等地，现分述如下：

多罗尔什　岩体同位素年龄为2.31亿年。

鄂博梁北至大通沟北山间　花岗闪长岩，侵入于元古界及下古生界中。其中，大通沟北山南麓为中细粒花岗闪长岩，中、南部为花岗闪长岩；大通沟南山为灰白色花岗岩。

牛鼻子梁以北的青新界山　灰绿色中粒蚀变花岗闪长岩，可相变为花岗岩，与大理岩接触时形成硅化和矽卡岩化等接触变质带。同位素年龄为2.89亿年。

牛鼻子梁　岩体的同位素年龄值为2.55亿年。

阿卡腾能山　灰色为主的中、细粒花岗结构之黑云母花岗岩，长35公里，呈长条状侵入于下古生界中，被中侏罗统以不整合所覆盖。

祁漫塔格北坡　岩体普遍侵入于上泥盆统中且被下石炭世沉积所覆盖。在祁漫塔格东段，岩体的中心相为中粗粒似斑状花岗岩，边缘相为中细粒花岗岩，局部为花岗闪长岩。祁漫塔格南坡，晚古生代早期的花岗闪长岩与花岗岩。

野马泉以东　中酸性岩岩体的同位素年龄为3.78亿年。

那棱格勒河一带　在中游支流洪水河，以灰白色斜长花岗岩为主，局部为黑云斜长花岗岩或角闪斜长花岗岩；在上游的南侧，岩体同位素年龄值为3.67亿年，侵入期应为泥盆纪；在那棱格勒河以西，为花岗闪长岩，其东西两侧可相变为石英闪长岩。

开木琪河中、上游　花岗岩，侵入上泥盆统及下石炭统，年龄值为3.16亿年。

中灶火西　中心相为似斑状花岗闪长岩，边缘相为花岗岩，时代为未分晚古生代。

那棱格勒以东苏海图河上游　灰白色中细粒片麻状黑云母斜长花岗岩。

灶火河上游　晚古生代晚期花岗闪长岩及花岗岩。托拉海河脑，花岗岩零星出露。

托拉海河以东　相当于二叠纪的侵入岩大量出露，侵入元古界及下古生界。

格尔木河口一带　花岗闪长岩，侵入上泥盆统，同位素年龄值为2.4～2.82亿年，还有一个是3.10亿年的。

五龙沟一带　深灰色中细粒花岗闪长岩及肉红、灰白色中粗粒花岗岩，花岗岩体同位素年龄为3.94亿年。

金水口　在金水口正东40公里的蛇头山是晚古生代晚期花岗闪长岩，侵入中元古界，中心相似黑云母花岗闪长岩为主，边缘相为黑云石英闪长岩；金水口以东局部生成矽卡岩。

阿拉克湖北山　花岗闪长岩，呈岩基状侵入下古生界。中心相为灰白、浅灰色黑云母花岗闪长岩或角闪黑云母花岗岩；边缘相为石英闪长岩或花岗闪长岩，名为哈图岩体。侵入期为未分晚古生代。

阿拉克湖北东　中粗似斑状黑云母花岗岩，可相变为花岗闪长岩，名为和勒格拉仁岩体。

塔妥煤矿　晚古生代晚期的灰白、肉红色花岗岩，侵入于下二叠统中。

乌兰县南察察山　未分晚古生代中酸—酸性岩，岩体边缘形成石英闪长岩相带，侵入于下古生界之中。

乌兰县北霍德森沟北山　花岗闪长岩，侵入于下元古界，岩体年龄值为2.40亿年，侵

入期为二叠纪。

果可山西端　晚古生代晚期肉红色黑云母花岗岩为主，名为尔茨德沟口岩体。

赛什腾山　在主峰，岩体为花岗闪长岩，侵入志留系(?)，同位素年龄为3.28亿年，侵入期为石炭纪。

(3) 中生代侵入岩

1) 阿尔金山区　当金山口南西西方向45公里以东的当金山主脊，中生代晚期钠钾花岗岩，局部为文象钾长花岗岩、白岗岩及正常花岗岩，呈长约29公里的长条状顺层侵入下古生界；当金山口南西西方向16～45公里间岩体年龄值为0.9亿年，侵入期为白垩纪。丁字口西北金泉山，花岗闪长岩，侵入下古生界，侵入期为侏罗纪。

2) 祁漫塔格山区一布尔汉布达山区　形成东西向岩带，多呈岩株或不规则状零星出露，集中见于野马泉至那棱格勒河上游一带，为中性及酸性岩。那棱格勒河上游南岸花岗岩年龄值为1.94～2.11亿年；野马泉地区的花岗岩和石英闪长岩年龄为1.90～2.07亿年。侵入期为三叠纪末期至侏罗纪初期。花岗岩同位素年龄在纳赤台西南为1.34、1.42亿年，相当于侏罗纪末期至白垩纪初期；在喀雅喀登塔格北坡为1.55亿年，侵入上奥陶统及上三叠统八宝山群。

那棱格勒南岸中生代早期肉红色中粗粒花岗岩呈岩基状侵入于元古界之中，喀雅喀登塔格北坡以灰白、肉红色中粗粒黑云母花岗岩为主的岩体则呈长约75公里、宽7～13公里的岩基，侵入于上泥盆统和上三叠统八宝山组之中。

3) 柴东缘山区　形成北北西向岩带，分布于哇洪山至察汉乌苏河上游间，在鄂拉山一带逐渐转折为北西向，而与北西向断裂一致。多呈岩基状或带状产出，为酸性及中酸性岩。在夏日哈东山及香日德南，花岗岩的同位素年龄值为1.87～2.16亿年，都兰西南白石崖花岗闪长岩为2.13～2.09亿年。

都兰西南白石崖　中生代早期灰白色花岗闪长岩，呈不规则状侵入于下石炭统及上三叠统八宝山组。香日德在中生代早期肉红色花岗岩，局部为白岗岩。

察汉乌苏河中游　中生代中期的中酸性岩，灰白色花岗闪长岩、花岗闪长斑岩，侵入于上三叠统八宝山组之中；同期的酸性岩为灰白、肉红色（少量灰色）中细粒花岗岩或似斑状花岗岩（局部变为细粒花岗闪长岩）。

夏日哈东山　岩体年龄为2.13亿年，侵入期为三叠纪晚期。哇洪山北为浅肉红色似斑状花岗岩，时代为未分中生代。

4) 柴北缘山区　主要出露于大柴旦南、北山。

大柴旦南山：灰、灰白色斜长花岗岩或中酸性岩，侵入元古界中。

大柴旦北山：岩体侵入中三叠统。小柴旦：花岗岩，侵入小煤沟组。

2.喷出岩

分布广泛，但多集中于祁漫塔格山一布尔汉布达山以北的早生代地槽内。

区内的火山岩始见于上元古界。全吉群中夹有玄武岩及凝灰岩；早古生代期间的喷出活动见于上奥陶统及未分下古生界中；晚古生代期间的火山活动发育于晚泥盆世及早二叠世；二叠纪期间的火山活动较弱且很局部；三叠纪以后，区内未见火山活动。古生代及其以后各地质历史时期喷出活动的主要特征如下：

(1) 奥陶纪　在纳赤台地区，火山岩位于上奥陶统的下部，由变安山玄武岩、杏仁状玄武岩和凝灰岩组成，普遍经受过变质作用，片理化强烈。在赛什腾山，分别由厚2723米及

364 米的片状安山岩、安山玄武岩和火山碎屑岩组成。

(2) 未分早古生代　火山岩大量发育，一般经受变质作用较深，绿岩化作用强烈。阿尔金山中段野马滩南、北为中基性熔岩、凝灰岩和集块岩；祁漫塔格一带为中性火山岩，夹在轻度变质的碎屑岩之中；那棱格勒河南岸洪水河上游为大量杏仁状玄武岩；托索湖北山为变中性火山岩或变安山岩。香日德以南敦德沙尔郭勒剖面共有四层火山岩：下部两层为蚀变或片状玄武岩、辉绿岩和中基性火山岩；上部两层为酸性熔岩和凝灰岩。整个火山岩系反映出基性—中性—酸性—正常沉积的喷发—沉积特征，共厚 2413 米，占全部岩系总厚度的 75%。

(3) 泥盆纪　主要喷出活动发生在祁漫塔格山区、柴东缘山区和柴北缘山区。

祁漫塔格山区　喷发岩体呈北西西向展布，由两个平行带组成。北带主要出露在祁漫塔格北坡，下部为安山岩、杏仁状安山岩、安山质集块岩，上部自下而上为英安质火山角砾岩、流纹质凝灰岩，纵向上形成一个中—中酸—酸性的喷发系列，在上泥盆统中与砂板岩互层产出，厚 60～380 米；北带是以陆相为主的灰紫、紫红色凝灰熔岩及凝灰岩，其中，下部以英安质为主，上部以流纹质为主，厚 1040 米。

柴东缘山区　夏日哈山一带是以中—中酸性凝灰岩、凝灰角砾岩及凝灰质砾岩为主，夹正常沉积岩少许及厚 122 米的一层安山岩。

柴北缘山区　喷发岩体形成于晚泥盆世晚期，也呈南北两个北西西向展布的条带状产出。北带见于牦牛山，以灰紫、灰绿色的安山岩、杏仁状安山岩为主，厚 1288 米；南带见于埃姆尼克山，主要是中酸性凝灰岩或流纹质凝灰岩及少量流纹岩，与砂板岩呈互层状产出，各层厚 6～113 米。

(4) 石炭纪　区内石炭纪的火山岩仅见于祁漫塔格山区的乌图美仁一带及柴北缘山区的宗务隆山。

开木棋河口　早石炭世以海底喷发的中酸性火山碎屑岩为主，夹少量中基性熔岩。

乌兰县北尔茨德沟　石炭系下部见海底喷发火山岩产出，自下而上为细碧岩、蚀变玄武安山岩、玄武岩或安山玄武岩，厚 1207 米。

(5) 二叠纪　二叠纪火山岩仅见于柴东缘山区的托索湖以北，喷发时期为早二叠世，属海底喷发。

达日吾勒哈　见于下二叠统的中、下部，下部为灰绿、紫红色的玄武安山岩、安山岩、英安岩及中性火山碎屑岩，中部为灰绿、紫红色的安山岩、流纹—英安质凝灰岩。

(6) 三叠纪　区内三叠纪火山喷发仅发生在晚三叠世晚期，其中，布尔汉布达山区及柴东缘山区的南部最为发育。

巴音格勒河南山　主要由流纹岩、英安岩、英安质角砾岩、安山岩和中性火山碎屑岩组成，纵向上具有中酸—酸性—正常沉积的喷发沉积特点，厚 3346 米。

诺木洪南八宝山地区　自下而上由安山质角砾岩、安山岩和安山集块岩组成，厚 613 米。

都兰以东　下部以杏仁状安山岩为主，夹中性熔岩、凝灰岩；中部以安山岩为主，夹中酸性熔岩和凝灰岩；上部以安山质凝灰熔岩、凝灰岩为主，夹安山岩，总厚 2577 米。

二、柴达木盆地西部、北部及中、东部地区

地面未出露岩浆岩，仅在靠近盆地边缘的一些钻孔井下被揭露。现以地质矿产部地质力学研究所与青海石油局地质研究所合作取得的研究成果为主要依据，现分述如下：

1.侵入岩

区内最古老的岩浆岩为早古生代侵入岩，最年轻的岩浆岩为中生代侵入岩。

(1) 早古生代侵入岩　区内本期侵入岩仅见中性及酸性岩体被揭露。

1) 中性侵入岩　见于冷湖井下，同位素年龄值为477.63百万年，岩性为闪长岩。

2) 酸性侵入岩　在冷湖井下的本岩同位素年龄为545.79百万年，岩性为花岗岩。在黄石构造黄2井，其同位素年龄为423.38百万年，岩性为花岗岩。

(2) 晚古生代侵入岩　本期侵入岩体见之于区内井下者缺少确切的同位素年龄资料，其时代多半系据岩性与周边老山对比后所定，其中，定为海西期花岗岩者见于冷湖三号石深7井、尕斯地区的跃地1井、跃26井、跃39井，东柴山地区的东3井、东部地区的大参1井、甜参1井和诺木洪、格尔木一带的浅井。

(3) 中生代侵入岩　跃127井花岗岩，同位素年龄为217百万年。

(4) 此外尚有一些时代不明的侵入岩体，如东柴山东2井的辉绿岩，跃27井的变辉绿岩，冷湖三号石地18号的闪长岩；冷湖三号石深18井的花岗岩及马海深1井的片麻化花岗岩等，需要进一步研究确定其时代。

2.喷出岩

(1) 早古生代喷出岩　南八仙仙3井中为变质中基性火山岩。

(2) 时代不明的喷出岩　如冷湖三号石地18井的火山角砾岩和潜伏构造潜参11井的凝灰岩。

第四章 构　　造

柴达木盆地构造特征，分两部分予以阐述。第一部分为区域构造，重点说明柴达木及邻区大地构造特征和演化；第二部分为盆地内构造，重点说明柴达木盆地成因类型、构造特征及其对油气的控制。

第一节　区域地质背景及大地构造位置

一、大地构造位置及属性

柴达木盆地位于青藏高原西北隅，地处古亚洲构造域南缘附近，其南紧邻特提斯——喜马拉雅构造域（图 1-4-1）。由于其处于两大构造域的结合部，构造应力较复杂，地壳结构不均一，时空发展也不平衡，很长时间内受古地裂作用影响，构成了不同性质的基底，致使人们对柴达木大地构造属性和划分在认识上也不一致。关于柴达木盆地的基底，属前震旦系结晶基底？还是古生代褶皱基底？周边的诸山系与盆地是一整体？还是分属于不同构造单元？均有争议。近年来由于地球物理勘探方法的深入开展，以及钻探资料的不断增多和积累，对盆地的认识亦随之深入。认识到柴达木、阿尔金山和塔里木应为一整体。黄汲清（1984 年）指出：“柴达木原来很可能与塔里木直接连接，只是后来被阿尔金走滑断裂分

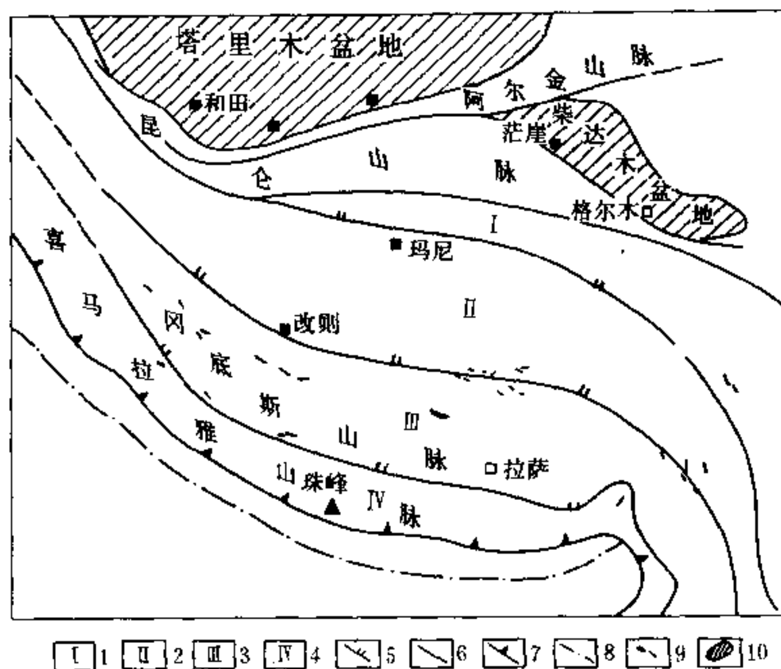


图 1-4-1　青藏高原地质构造区划略图

1—昆仑—可可西里地槽；2—唐古拉—横断山地槽；3—冈底斯—今昔唐古拉地槽；4—喜马拉雅地槽；5—板块分界深断裂；6—区域性大断裂；7—喜马拉雅主中央断裂；8—喜马拉雅主分界断裂；9—超基性岩；10—沉积盆地

开"；张文佑也曾提出相类似的观点。王鸿祯认为"中、晚元古代柴达木地块与华北、塔里木关系密切，可能共同构成亚洲中轴大陆主体"。朱夏、陈焕疆提到"古柴达木为中朝古陆的前哨，柴达木盆地的基底，可能是前古生代地台残块与地槽分枝的镶嵌体。"李天德（1983 年）将塔里木、柴达木以及连结它们的阿尔金山一起称为"西域地台"与中朝地台、杨子地台相对立。刘增乾（1984 年）也建议将柴达木与塔里木作为整体，称为"塔里木——柴达木地块"。

根据现有资料，柴达木盆地具有由前长城系中、深变质岩系及中、晚元古界的长城系和蓟县系的浅变质岩系组成的结晶基底，且与周边山系为一整体，和阿尔金山、塔里木同属地台性质，共同构成亚洲中轴大陆主体。

由盆地 13 口钻达基岩井证实为元古界花岗岩片岩的资料，说明盆地基底与周边所出露的地层是一致的。长城系在北缘有两处，已进行了年龄值测定，如欧龙布鲁克山的角闪石等矿物用 K—Ar 法测定年龄值为 15.87 亿年；多罗尔什地区钾长石用 Rb—Sr 法测定年龄值为 15.63 亿年，蓟县系普遍含叠层石（在"地层"一章中已有叙述）。长城系、蓟县系为一套类复理石—石英砂岩、类复理石—碳酸盐岩建造，厚度大于一万米，构造简单、火山活动微弱，具冒地槽性质，代表地壳向陆壳转化的过渡特点，是因下伏地层构成了本区最古老的基底。其上全吉群（震旦系）与之有明显的不整合。

盆地大地构造属性为华北型准地台，不过后期受喜山运动强烈的褶皱影响，具有明显的线形特征。柴达木准地台的范围，包括了现今的柴达木盆地、苏干湖盆地、德令哈盆地，库木库里盆地以及柴达木周边诸山系。其四周均为深断裂系与相邻构造单元相隔，北界为柴北缘深断裂带，与祁连加里东褶皱系相接，西隔阿尔金山深断裂系与塔里木地台紧邻，东、南分别为鄂拉山断裂带及昆南深断裂系，环接松潘—甘孜印支褶皱系。根据地质特征与地球物理场的相关性，可将柴达木准地台进一步划分为以下九个二级构造单元❶（图 1-4-2）。

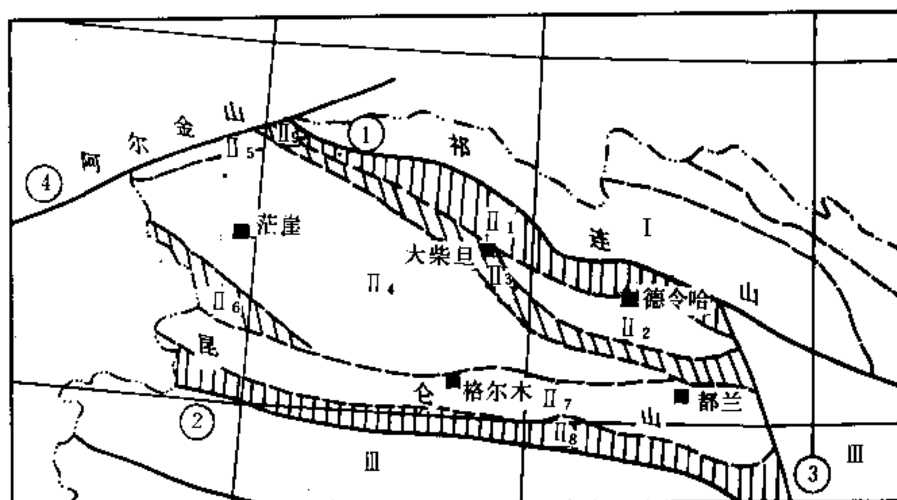


图 1-4-2　柴达木准地台大地构造示意图

①柴北缘断裂带；②昆南断裂带；③鄂拉山断裂带；④阿尔金山断裂带；

Ⅰ—祁连山断褶带；$Ⅱ_1$—柴北缘台缘褶皱带；$Ⅱ_2$—欧龙布鲁克台隆；$Ⅱ_3$—柴北缘残山断褶带；$Ⅱ_4$—柴达木盆地台坳；$Ⅱ_5$—大通沟南山断隆；$Ⅱ_6$—祁漫塔格断褶带；$Ⅱ_7$—东昆仑山北坡断隆；$Ⅱ_8$—柴达木南缘台缘褶皱带；$Ⅱ_9$—安南坝山断隆；Ⅲ—昆仑山断褶带

❶"青海省区域地质志"送审稿（未刊），略有修改。

二、柴达木盆地地质构造特征

1.柴达木元古界结晶基底的片理及构造线

盆地前长城系的片理、片麻理及褶皱轴线均以北西或北西西向为主。在阿尔金山南坡的鄂博梁、牛鼻子梁一带古老构造线呈北西—南东向明显延入盆地内部，可视为盆地后期构造发展基础；南缘东昆仑山一带的主要构造线呈北西西或近东西向；而北缘绿梁山的胜利口及锡铁山附近构造线则呈南北向。古老的褶皱形态有长条形和较开阔的呈波状背斜、向斜；断裂以北西、北西西向为主，并有北东、北东东向和南北向几组，这些断裂将盆地基底切成菱形块体并控制着地质历史时期的发展和演化。

2.地球物理场特征

区域重力异常为正值，为−280毫伽，异常图形呈椭圆状，梯度变化小，反映稳定地块重力场的特征。由盆地中心向边缘，异常梯度变大，在边缘山区可增到10毫伽／公里。磁力异常显示为平缓呈正负交替椭圆状高磁区，航磁资料也反映盆地主体部分为强磁性的块状正磁场。表明前震旦系深变质结晶杂岩块体的存在。从当雄—伊吾和诺羌—兰州的地壳厚度剖面（图1−4−3和图1−4−4）亦可说明柴达木盆地与其他大型克拉通盆地一样，具有地壳相对较薄和上地幔隆起的特征，地幔隆起区与盆地范围基本一致。盆地中部的察尔汗一带，莫霍面深52公里，盆地边缘的索尔库里、德令哈、大柴旦及都兰等地为56～62公里。盆地的地热增温率，总的反映南高北低、西高东低的特点。上述资料表明，柴达木盆地与典型大陆地壳类型的地球物理和地质特征对比，应与稳定地块相似（图1−4−5及后面表1−4−1）。

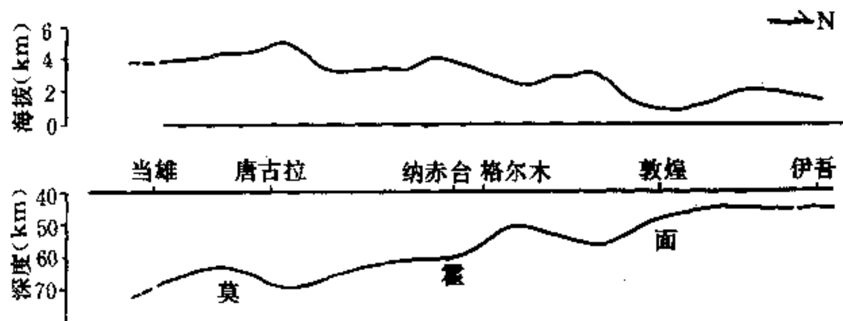


图1−4−3　当雄—伊吾地壳厚度剖面图

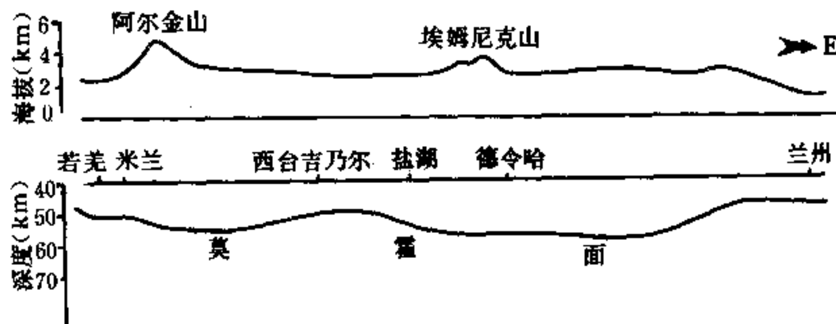


图1−4−4　诺羌—兰州地壳厚度剖面图

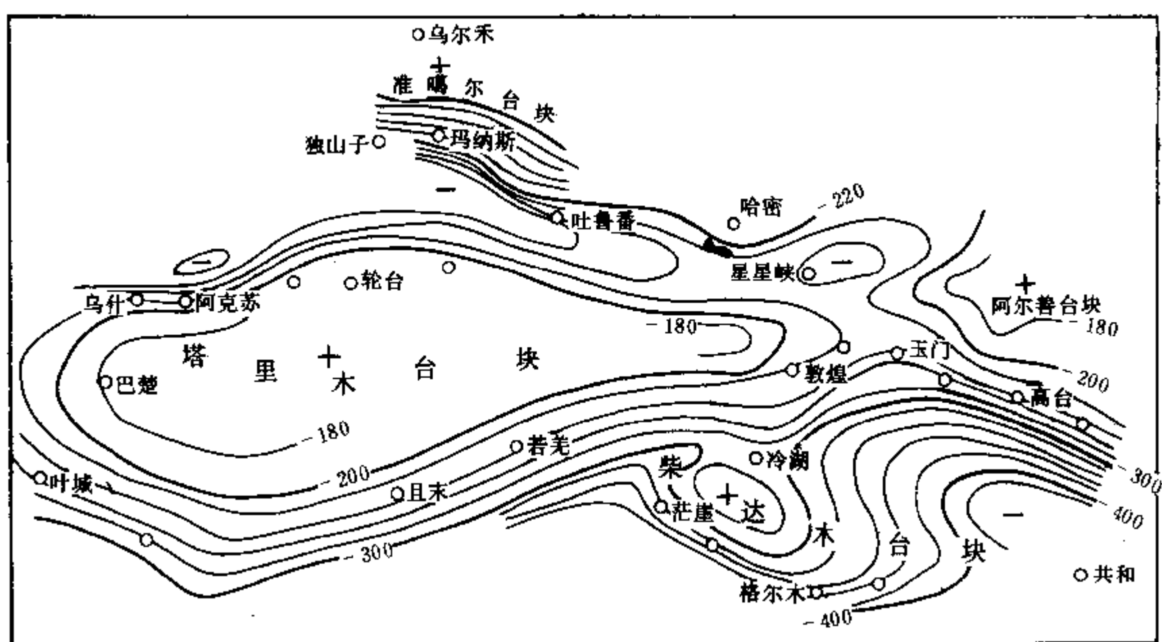


图1-4-5 中国西北部区域重力异常图

表1-4-1 柴达木盆地中、新生代构造运动

地质时代		构造阶段	运动类型	地壳运动	盆地演变	构造分区	生油气层及含油气区
第四纪	Q_{3+4}	褶皱回返阶段	褶皱运动	新构造运动	盆地回返完成；西部开始回返，东部第四纪坳陷形成	东部坳陷区	东部含气区
	Q_{1+2}			晚期喜山运动			
新第三纪	N_2S	坳陷阶段	波状运动		坳陷统一扩大，西部坳陷区形成	西部坳陷区	西部含油气区
	N_2y			喜山运动			
	N_1y						
	N_1g			喜山运动			
老第三纪	E_3g			早期喜山运动			
	E_{1+2}	断陷阶段	块断运动	晚期燕山运动	盆地西缘、北缘发育局部断陷	北部块断带	北部含油气区
中生代	K			燕山运动			
	J			晚期印支运动			
	T				隆起区		

3.基底结构

柴达木盆地基底结构具有不均一和复杂性的特点，并且明显具有三分性。

(1) 柴达木盆地主体部位（盆地中东部地区），区域重力异常为正值，重力异常变化梯度小、磁性强，显示为块状正磁场，其表示为前震旦纪古老深变质结晶杂岩块体特点的发育区。

(2) 柴达木盆地北缘地区（冷湖—马海一带），在块状正磁场区内有的被强的点形和带状异常所分隔，或为一片较复杂的链状异常或局部异常正值区所复杂化，其反映中酸性—中基性火成岩侵入体。硬性块断之间的平静磁场带或隆低负异常带为基底内中上部变质碎屑岩相带及部分古生界发育分布区域，故北缘基底显示为刚柔间杂的特征。

(3) 柴达木盆地西南部地区，磁场几乎为零线，一般异常强度均小于10伽马。解释为由沉积岩变质的无磁性轻度变质岩，虽有轻微的花岗岩活动，而无大量中基性喷发岩的反映。基底较为简单并不复杂❶，可能代表上古生界沉积层。

第二节 构造演化

一、区域构造发展史

1.柴达木准地台的形成阶段

柴达木盆地的构造发展史与整个准地台的发展历史是一脉相承的。震旦纪以前，五台、中条运动在准地台以至青藏高原北部表现为造陆运动；中条运动后柴达木准地台结晶基底基本形成，准地台进一步克拉通化。晚元古代末，晋宁运动在整个准地台上表现强烈，为一区域性的造山运动。柴达木盆地内欧龙布鲁克山、全吉山震旦系全吉群与下元古代的达肯大坂群之间存在明显角度不整合，即为此次运动的影响。至此，柴达木准地台基本成型，与中朝、塔里木地台连接在一起，构成中国地台的一部分，从而开始了其演化的新阶段。

2.柴达木准地台的解体—盆地形成前阶段

晋宁运动以后，整个准地台处于夷平阶段，柴达木北缘大柴旦—欧龙布鲁克山一带为一陆内海湾，发育了震旦系—中奥陶统地台型沉积，其中下寒武统有18～110米厚的冰碛砾岩，与北部祁连山北大河地区、阿尔金山地区、塔里木及阿拉善等地的冰碛砾岩产出层位是一致的，说明均属稳定的地台。与中朝、塔里木等一起组成亚洲中轴古陆。其后在准地台以北的广大地区内开始解体，地裂活动不断发展，北祁连、南祁连裂谷（地槽）相继产生，柴达木准地台与中祁连隆起带分离。随后，裂谷封闭、褶皱回返等一系列构造事件相继发生。

自晚奥陶世开始，柴达木准地台形成了自身的演化特点。准地台的解体与重新聚敛的“手风琴”式活动曾在本区反复进行，具体表现为晚奥陶世—三叠纪间地裂活动的不断发生，以及裂陷槽封闭，褶皱回返等构造事件。从而构成了凹隆间列的构造格局，它与此时古中国地台解体时所产生一系列在陆壳基础上由坳拉槽形成发育起来的陆间地槽、稳定地块和活动带间列的构造格局，遥相互应。

元古代晚期由褶皱硬化时产生的几组断裂，此时已成为块块南北边缘裂谷发育的基础。晚奥陶世—志留纪时期，准地台北缘、南缘均发育有裂陷槽（图1-4-6）。如柴北缘的赛什腾山—锡铁山—埃姆尼克山—鄂拉山附近沉积4000多米厚的槽型上奥陶统滩间山群建造，

❶“柴达木盆地石油航磁地质效果及解释经验总结”，李芦玲等（1975年）。

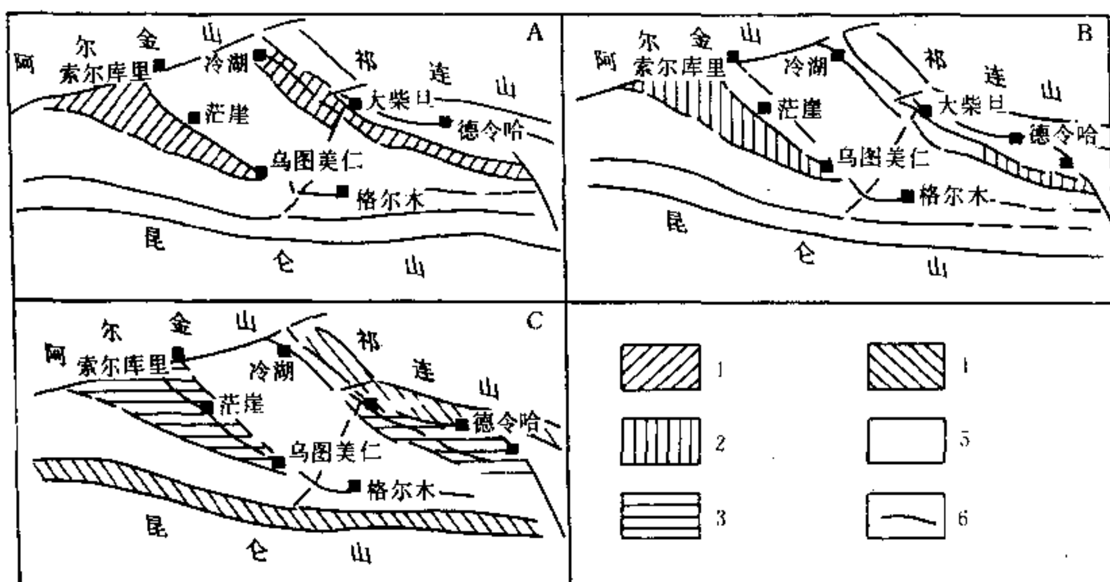


图 1-4-6　柴达木准地台晚奥陶世—石炭纪演化示意图

1—晚奥陶世裂陷槽；2—晚泥盆世裂陷槽；3—石炭系地台型；4—石炭系裂陷槽；5—隆起区；6—断层

A.晚奥陶世；B.晚泥盆世；C.石炭纪

并向前漫浸，致使地块西北缘鄂博梁、冷湖到大柴旦地区均有该期裂谷沉积。同时，盆地南缘祁漫塔格山一带沿着北西西向断陷发育的裂谷，也沉积了 5000 多米厚的槽型上奥陶统铁石达斯群。晚奥陶世末的加里东运动，使本区进入了以造山运动为主的阶段。使南、北裂陷槽聚敛，地层受到挤压褶皱，同时伴有中酸性岩浆活动。柴达木北缘有辉长岩、榴辉岩及超基性岩等幔源物质侵入，绿梁山超基性岩内的俘虏体角闪片岩，用 Rb−Sr 法测定年龄值 4.4 亿年，应是此时陆壳碎裂崩解过程中未达洋化的深断裂产物；南缘断裂切割较浅，裂陷槽内未见超基性岩。志留纪末，晚加里东运动席卷了整个柴达木地块，南北裂谷中的地层受到挤压褶皱，同时伴有中酸性岩浆活动，此时柴达木主体部分进一步抬升而成为蚀源区，到晚泥盆世前，地壳进入了相对稳定时期，但边缘仍在活动。柴达木准地台南、北缘则在原裂谷的基础上再次裂陷，形成了南、北两个新裂陷槽（图 1−4−7）。北缘裂陷槽西段稳定，东段活跃。自埃姆尼克山起往东的一段，沉积了 5000 多米厚的上泥盆统埃姆尼克组，由陆相红色山麓相沉积开始，继为河、湖相杂色碎屑岩及海相沉积，其间伴有较多酸性火山岩及火山碎屑岩，本组不整合于上奥陶统或上元古界之上，南缘亦在原裂陷槽的基础上进一步沉陷，发育着 1～4000 米的上泥盆统黑山沟组和哈尔扎组，为一套以板岩、安山岩、英安岩为主的岩系。因而上述南、北二区均属断陷沉积，可视为此时的坳拉槽沉积。

自晚奥陶世至晚泥盆世末，地块南北缘裂谷时开时合的活动，可归纳为北缘早期西开东合，晚期东开西合，南缘则是两开两合。裂谷西宽东窄，是指状镶嵌于地块中。故柴达木地块仅有部分破碎而没有完全解体，东部晚元古代基底始终保持了完整性。晚泥盆世末早期华力西运动，本区表现为造山运动，柴达木北缘和南缘多处见到下石炭统与上泥盆统之间的不整合。

石炭纪时，由于柴达木南、北缘原裂陷槽稳定沉降，导致沉积范围扩大，正如朱夏所指

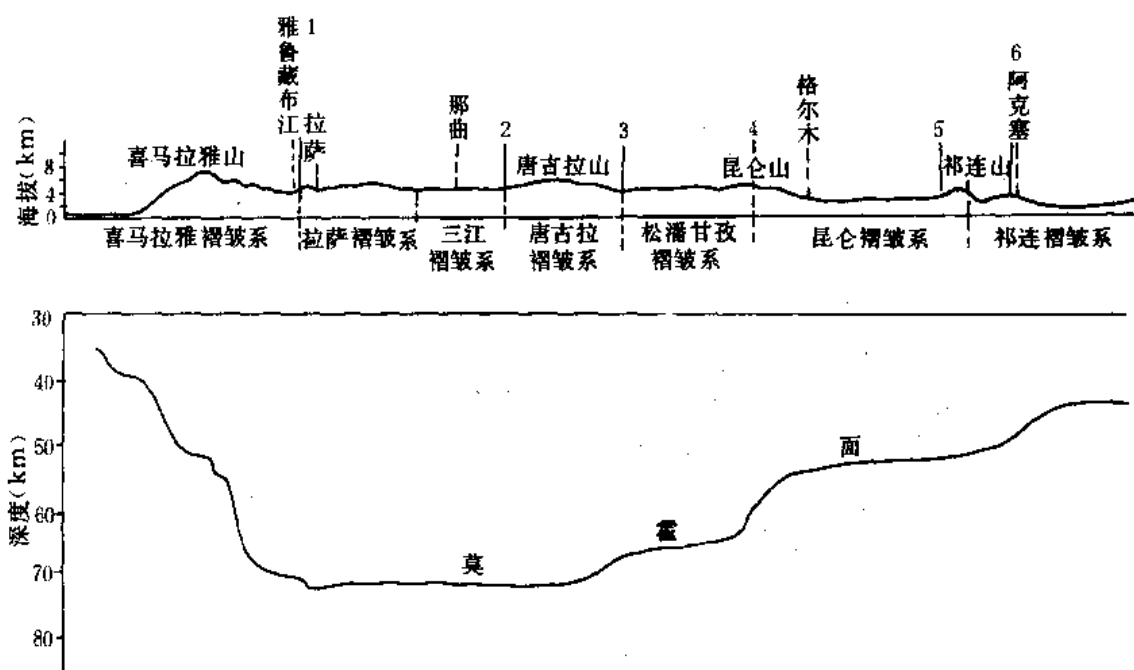


图 1-4-7 喜马拉雅山—祁连山莫霍面剖面图

(根据国家地震局资料编制)

1—雅鲁藏布江深断裂；2—澜仓江深断裂；3—金沙江深断裂；4—东昆仑深断裂；5—柴达木北缘深断裂；6—阿尔金深断裂

出的："这种后期沉降发生在广泛的范围内，改变（槽）的形状，发育有明显相带的地台型稳定沉积"。苏联文献中称之为台向斜，这种宽广平阔的台向斜往往是坳拉槽的"再生"。因此，柴达木准地台南、北缘石炭系是在晚泥盆世裂陷槽的基础上，扩展到更大的范围。北缘应包括德令哈及欧龙布鲁克山至埃姆尼克山之间的广大地区，为浅海陆棚及海陆交互相的台型沉积，地震资料已证实这一带石炭系的存在。南缘石炭系（局部地区包括二叠系）亦在晚泥盆世裂陷槽的基础上沉积，向北可能扩展到大风山构造南翼风南断裂，向东到大灶火附近，前已述及这一地区磁场几乎为零线，系代表了低磁性的轻度变质的沉积岩，有少量花岗岩活动，无大量中基性喷发岩，这与祁漫塔格山所出露的石炭系海、陆交互相的石灰岩、大理岩、页岩、石英砂岩、中酸性火山岩和花岗岩为主的地层是相吻合的。柴达木地块南、北缘的石炭系应是在裂陷槽基础上发展和形成的。其后为中、新生代盆地所叠加，经历次运动的改造使其面貌更加复杂。正象 Bally 指出的："绝大多数克拉通盆地之下，潜伏着不同复杂程度的裂谷系。也是朱夏所指的："受阿尔卑斯运动体制改造了的早期（古生代）盆地。由于中、新生代和古生代盆地的叠合可使原来成油条件不好的盆地，而成为产油气盆地，无远景的地层成为有价值的目的层。由于中、新生代盆地和古生代盆地的叠合，改善了柴达木中、古生代地层的成油条件。因而在北缘上古生界和中生界埋藏较浅地区，仍应引起石油勘探工作者的重视。与此同时，柴达木准地台南、北边缘"台向斜"之外缘，也拉开了两个新的裂陷槽，北缘土尔根大坂—宗务隆山一带，南缘昆仑山南坡一带都发育着活动型的浅海相碎屑岩夹火山喷发沉积物的槽型石炭系沉积。

二叠纪整个柴达木地区相对稳定，广大地区处在海水面以上，仅南缘祁漫塔格山一带有40～117米的浅海相地台型沉积；此时上述两个南北边缘原石炭系的裂陷槽仍继续裂陷沉积了地槽型二叠系，其中北缘上尔根大坂—宗务隆裂陷槽于早二叠世末即停止了活动。

二叠纪末的晚期华力西运动是一次区域性的造山运动，使整个柴达木隆起，上述南、北边缘两个裂陷槽封闭，古亚洲构造域基本定型，古特提斯开始在昆仑山以南扩张，它的出现作为板块运动的先声、代表槽台体制向板块体制的过渡。

三叠纪开始，本区大地构造发展进入特提斯—喜马拉雅构造域的形成阶段。早、中三叠世柴达木主体部位仍是稳定隆起未接受沉积。而此时特提斯洋一个分支、经东昆仑进入西秦岭并向西北延伸至柴达木之北缘宗务隆山一带，以滨—浅海碳酸盐岩为主的自西向东从冒地槽—优地槽型沉积。南缘东昆仑南坡具有厚逾5000米的冒地槽型沉积，上述南、北缘下中三叠统仍为裂陷槽沉积，晚三叠世除上述二区为海、陆交互相的含煤碎屑岩外并有火山岩夹层。中三叠世末，沿可可西里—玉树—金沙江一线，古特提斯向北俯冲，形成了印支褶皱带。由于此次运动的影响，使柴达木进入了以陆内造山阶段为主的新时期，其构造面貌和应力场均发生了根本的变化，从而结束了整个青藏高原地槽发育史。

二、柴达木盆地演化史

印支运动后的柴达木盆地沉积构造发展史，是一部完整的断—坳复合型陆相含油气盆地的演化史。柴达木盆地的形成和发展，自始至终与阿尔卑斯构造旋回期，特提斯—喜马拉雅构造域的强烈活动密切相关。来源于特提斯洋壳向古欧亚大陆的几次俯冲，以及印度板块与古亚洲板块的碰撞，从而产生强烈的挤压力，造成昆仑山到喜马拉雅山不同时期的造山带，自老而新依次出现，以至青藏高原大幅度崛起。由于受由南向北推挤应力的影响，使柴达木陆块抬升，并发生差异性块断升降，使盆地基底受到改造和活化，并逐渐由块断转化为大型沉降盆地，这是我国西北地区中、新生代构造运动不同于东部特点的基本形式。这种大陆板块内部盆地，也是我国西部一种特殊形式的盆地。

柴达木盆地中、新生代构造运动的发展，可归纳为存在八期构造运动（表1−4−1）；中、新生代可划分为三个构造层；中、新生代总体上经历了早期断陷、中期坳陷和后期转移三个构造演化阶段，形成三大构造区，并有三次成油气时期。盆地目前的地质景观，即为历次运动的叠加和演化的结果。

1.八次构造运动

柴达木盆地中、新生代主要的构造运动，自三叠纪晚期印支运动开始共经历了八期，各期运动影响范围和表现的强弱不甚相同，有的为全区性，有的则为局部性，从老到新为：

晚期印支运动（J与T_3之间普遍存在）

燕山运动（K与J_3之间局部地区）

晚期燕山运动（四川运动E_{1+2}与K之间较普遍存在）

早期喜山运动（E_3与E_2之间，大部地区为假整合）

喜山运动第二期（N_2^1与N_1之间，局部地区）

喜山运动第三期（N_2^3与N_2^2之间，局部地区）

晚期喜山运动（Q_{1+2}与N_2^3之间，普遍）

新构造运动（Q_3与Q_2之间，普遍）

2.三个构造层及三次成油期

构造层是指在一定地区内，经历了同一构造运动阶段，具有相同的构造发展历史和构造

特征的一套地层之总和。从柴达木盆地中、新生代地质构造特征出发，结合历次构造运动的影响，可将柴达木盆地划分为三个构造层，同时相应地形成了三次成油气期:

块断构造层（M_2—E_{1+2}），中生代成油期;

坳陷构造层（E_3—N_{2s}），第三纪成油期;

褶皱构造层（Q_{1+2}），第四纪成气期。

3.柴达木盆地中、新生代三个构造演化阶段

(1) 断陷阶段　本阶段的时限为三叠纪晚期至白垩纪末期。印支运动期盆地主体部位为继承性上升，没有接受中、下三叠系的沉积，仅在盆地西北边缘和东北部见到零星晚三叠世陆相地层。中三叠世末印支运动以来，因隶属欧亚板块的昆仑—可可西里地槽开始俯冲消减，盆地基底已呈现南高北低，东高西低的区域背景。在盆地北缘祁连山山前带及阿尔金山以南发生走向呈东西向边缘断裂和块断活动，出现了一系列互相分割的中生代断陷，从东到西有德令哈断陷、鱼卡断陷、赛什腾断陷等，接受了晚三叠世陆相碎屑和火山岩碎屑沉积，并有中酸性和中基性火山岩体，该情况可延至中侏罗世。这些断陷内大多为边缘箕状断裂，其内部具有边断内超的性质。在断陷内充填了中、下侏罗统的河沼相含化石建造，有些断陷内发育有富含有机质的暗色泥岩，已证实的生油断陷有鱼卡、赛什腾和红山断陷，为盆地北缘油气藏的形成提供了基本条件。

中侏罗世后，断陷隆升，剥蚀基准面下移，沉积临界面处于蚀积均衡面之下，快速堆积了大套过补偿的红色碎屑岩的上侏罗统和白垩系河流相沉积，范围较下、中侏罗统为大，基本统一了中下侏罗统凹隆分布的格局❶。呈现了沉积范围由盆地边缘渐向盆地内依次扩大和成层超覆的特点。由本阶段块断运动的性质，决定了横向上岩性和厚度的巨大差异和纵向上沉积旋回的中断性。如盆地北缘红山断陷大煤沟剖面，下、中侏罗统厚 1100 米左右，上侏罗统—白垩系厚 1300 米左右，自下而上构成了粗—细—粗的全旋回沉积；而西南紧邻的大红沟断陷，则缺失下、中侏罗统沉积。上侏罗统—白垩系厚 1480 米，为一套过补偿型红色碎屑岩，上侏罗统直接不整合于基岩之上为红色的河流相沉积，从沉积旋回的角度看，明显中断了下、中部粗—细的沉积，只有上部（粗）的沉积。侏罗纪末期的燕山运动，使盆地的断陷范围进一步扩大，白垩系为一套红色河流相沉积；沉积范围已布及达布逊湖地区和盆地南缘昆北基岩断裂以北地区。这些断陷开始是在引张应力作用下产生的，断层具有先张（中生代）后逆（新生代）的性质，断层控制沉积分布及厚度变化。根据目前资料，柴达木盆地可划分两个大的断陷区，即北缘中生代断陷区和西部中生代断陷区。北缘中生代断陷区的北界为南祁连山南缘，南界为鄂博梁—陵间断裂—埃姆尼克山南缘一线，面积约 28500 平方公里；西部中生代断陷区位于阿尔金山东缘，阿拉尔断裂—坪东断裂一带，东界不清，面积约 5400 平方公里。

(2) 坳陷阶段　本阶段的时限为渐新世至中新世晚期是盆地发育的全盛期。第三纪时期，柴达木湖盆迅速发展、统一、扩大，为喜山运动所控制，表现以坳陷型的波状运动为主，属坳陷发展阶段。中生代晚期燕山运动带有由块断运动向波状运动过渡性质，湖盆范围逐渐向南扩大。古、始新统的沉积范围远较中生代为大，使盆地开始进入整体沉降坳陷的初期，除格尔木和锡铁山联线以东地区，盆地内均有分布，厚度一般在 700～2200 米，因受古地形的制约，总体上明显呈现北部和西部较厚、南部及东部变薄的特点。在盆地西部局部地

❶“柴达木盆地形成机理和对油气的控制”（顾树松、狄恒恕，1985年）

区，古、始新统地层中虽有较多断裂存在，仅反映为中生代断裂活动的继承性，但总体上此时已开始进入了坳陷阶段。

始新世末，早期喜山运动对整个青藏高原发生巨大影响，它标志着整个亚洲构造格局的巨变，这种巨变在柴达木盆地发展阶段上，表现为断坳性质的转化和东、西部位上隆凹升降的转化。渐新世开始，喜山运动在柴达木盆地逐渐表现出对基底构造层的新生作用，使盆地跨越了不均一基底的界线，开始了大面积全面沉降，进入盆地发展全盛时期——坳陷时期。

柴达木盆地由中生代断陷转化为第三纪坳陷，并逐步由原来古地形的南高北低转化为第三纪的东高西低和北高南低，这种转化作用应主要决定于板块碰撞引起的强烈挤压力。始新世末，由于印度板块的向北俯冲并与欧亚板块相碰撞，来自西南方向的巨大压应力，使盆地西南、西南边缘发生一系列断距较大的南倾边界逆断层。在昆仑山隆起的同时，当遭到塔里木稳定地块的抗衡，导致盆地西北缘的阿尔金山沿着其南倾的深大断裂呈现长距离左行滑动和进一步隆升，使盆地西部形成大幅度的沉降。因此，该区在渐新统之上，除有少量红色河相碎屑岩外，连续沉积了具有丰富有机质暗色泥岩。本阶段可延续至中新世晚期，沉积厚度一般在千米以上，构造盆地西部第三系的主要生油岩系，为盆地西部油气藏形成提供了丰富的物质基础。

中新世中期以后，由于青藏高原的持续隆升，盆地西部相对较东部上升较快，致使引起坳陷主体部位的逐步向东转移的过程，并具有一定的整体上升作用。为此，其时沉积中心已迁至茫崖、碱山和一里坪一带，但湖盆水体深度变浅，暗色泥质岩分布面积逐渐缩小，其厚度亦显著变薄，整个上部中新统和上新统地层总厚度仅 3000 米左右。

本阶段沉积的岩性岩相特征，严格地受区域构造的控制。如由于早、中期喜山运动的影响，阿尔金山深断裂带和其山前的断裂带活跃，使阿尔金山体剧烈上升，遭受严重剥蚀，成为西部坳陷区第三系沉积的主要物源区，并控制其沉积相带，多平行于阿尔金山体分布，由于坳陷与边缘山为断层接触形成“陡坎”，沉积物快速堆积，使得山前岩性岩相带侧变十分迅速，砂岩体在边缘很快尖灭，具明显的快速侧变式特征。推测远离边缘的湖相沉积中，具有浊积岩存在的较大可能性。

(3) 褶皱回返阶段　本阶段的时限由中新世末至第四纪中更新世。由于印度板块的不断向北俯冲，青藏高原的大幅度上升，在此区域背景下，盆地西部首先抬起，湖岸线向北、向东退缩，沉积中心随之向北东方向转移。在油砂山、花土沟一带，在原湖相渐新统和中新统生油岩之上，沉积了下部上新统（N_2^1）的河相红色地层。随着盆地西部的进一步抬升，湖岸线继续东移，至中上新世（N_2^2），沉积中心已移至茫崖、碱山和一里坪一带，沉积了厚达 1200 米的暗色泥岩。

上新世末晚期喜山运动，使柴达木盆地西部坳陷区结束了坳陷的发展时期而进入了褶皱上升回返阶段，第四系与下伏第三系之间普遍存在的不整合即为此次运动的明证。凡柴达木盆地现今绝大多数的地面背斜构造均形成于此时。晚期喜山运动之后，盆地沉积中心已迁移到东部三湖地区，成为第四系的新坳陷，沉积了厚达 3200 米的中、下更新统地层，其中有近于 1600 米富含有机质的暗色泥质岩，为第四系天然气藏的形成提供了充足的气源。

第四系更新世末的新构造运动，使盆地整体回升，彻底结束了柴达木湖盆的沉积史，目前广布于盆地东部地区的封闭性盐湖，如台吉乃尔湖、达布逊湖、霍布逊湖及涩聂湖等即为第四纪沉积中心湖泊消亡的残迹。纵观早第三纪古、始新世开始的断坳转化直到第四纪湖盆的最后消亡，在横向上呈现了盆地沉积中心由西向东的调整；在纵向上显示着粗—细—粗的

完整一级沉积旋回性。充分反映了第三纪坳陷沉积的特点，明显地区别于中生界的断陷阶段（图 1-4-8）。

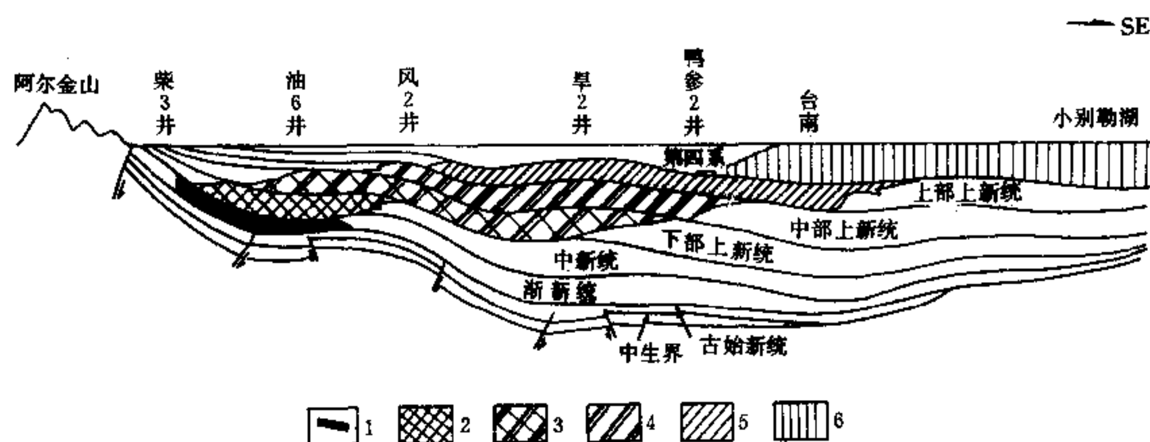


图 1-4-8 柴达木盆地沉积中心迁移图

1—渐新统沉积中心；2—中新统沉积中心；3—下部上新统沉积中心；4—中部上新统沉积中心；5—上部上新统；6—第四系沉积中心

第三节 柴达木盆地构造单元划分

一、划分依据

(1) 基底性质 指基底的时代、结构、岩性和活动性，而最重要的是活动性。一般古老的结晶基底较稳定，表现为刚性；褶皱基底较活动，表现为柔性。

(2) 基底起伏 是指经历次构造运动后，现今的基岩起伏现状和包括埋藏的深浅及形状等。

(3) 构造、沉积发育史 沉积厚度、岩性、岩相及各期构造运动在中、新生代盖层中的反映。

(4) 构造特征 指构造形态、排列、分布规律和成因类型等。

(5) 断裂活动 断裂活动的强弱、断裂类型及其对沉积的控制作用等。

二、柴达木盆地主要边界断裂

柴达木盆地断裂十分发育，具有规模大、活动时间长的特点，各级别的断裂均相应地作为划分各级构造单元的边界●。

盆地周边和老山边界地质体是断层接触，这种接触关系反映了盆地早期为断陷沉积，逐渐转为坳陷沉积为主的特征。目前已知的边界断裂有 21 条，它们分属于三个断裂体系。即柴北缘（祁连山南缘）断裂体系、昆北断裂系（东昆仑北缘）和阿尔金山南缘断裂系。这三组断裂系主要特点是：

1) 断裂走向与褶皱山系基本平行，大致圈定了盆地形状。

●"青海省构造体系与地震分布规律图说明书"，1980年。

2）断裂规模大，断达层位老（断达基岩），活动时间长，从基岩到第四纪大多断裂一直在活动，它们延长均在200公里以上，断距多在千米以上。

3）三组断裂系中，大多数控制了第三系沉积，部分控制中生界沉积，又如诺北断裂上盘（靠近昆仑山），第四系直接与花岗岩接触，下降盘有几千米的新生界沉积。现将与盆地发展有关的主要断裂即柴北缘深断裂系、昆南深断裂系及阿尔金山深断裂系简介如下：

a.柴北缘深断裂系　为黄汲清所划分的"柴达木北缘—北淮阳深断裂系"，位于土尔根大坂—青海南山以南，西起阿尔金山南麓（西端与阿尔金山深断裂系相交），向东经土尔根大坂南缘、达肯大坂南缘、宗务隆山南缘及青海南山南缘一带，为柴达木北缘前中生界隆起区与盆地中、新生代坳陷的重要分界。总体走向呈北西—东西—北西向展布，显示逆时针扭动性质。卫星照片及磁力、重力异常梯级带清楚，构造地貌显著，可连成一强大的断裂系，此断裂系还是一条重要的构造岩浆和地震活动带。主断裂带有两条：

①大柴旦—乌兰深断裂带　主断裂西起大柴旦，向东经德令哈北再东到乌兰之东，北与鄂拉山断裂相交，总体走向北西—北西西向延展，长约300公里，倾向北，倾角较陡45°～60°，为逆断层，是早期萌发的基底断裂。并控制了上古生界和中生界的沉积和分布。

②柴达木北缘深断裂带　主断裂即柴北缘深断裂，由数条断裂组合而成，总体走向呈反"S"型展布，长约700公里，倾向北东，倾角较缓，具有逆冲性质；本断裂带亦是岩浆及地震的活动带。据此，柴北缘深断裂系应为活动带与稳定区的分界，既控制着下古生界前陆沉积，又是晚古生代石炭纪至中生代的早、中三叠世两种不同构造环境及沉积相的分界线，对柴达木盆地形成演化起着重要的作用。

b.昆南断裂系❶　位于东昆仑主脊一带，由一系列近于平行的东西向断裂组成，其中规模最大的是昆中深断裂带。该断裂带由若干东西向断裂组成，主干断裂西起昆仑山之博卡雷克塔格，向东经大干沟、秀沟至鄂拉山，被鄂拉山断裂切割后呈隐伏及半隐伏状态继续东延，即为泽库断裂，在青海省内伸展长度1000公里以上。它是分隔青藏高原甚至中国南北陆壳不同基底的分界线，北为中朝基底，南为扬子基底。断裂的直接和间接证据充足，沿断裂带有基性岩—超基性岩分布，在清水泉—洪水河一带发现最为典型、最完整的"蛇绿岩套"。断裂北侧中酸性岩体成带出现，以南却大大减少，沿断裂带发育了窄长条状、串珠状第三系、第四系断陷盆地和谷地多处；此外，沿断裂带重力梯级带和磁力梯级带最清晰明显，莫霍面沿断裂出现一高达7～10公里的陡坎和台阶；此断裂地面倾向北、倾角60°左右，而物探资料表明地下倾向南，倾角约70°。基于上述，此断裂是早元古代末期生成的超岩石圈断裂，在海西、印支、燕山及喜山各期运动均有不同程度的活动。

c.阿尔金山深断裂系　由一系列近于平行的、走向北东的断裂系组成，主断裂是阿尔金山主脊深断裂带，北侧还有车尔臣深断裂带和诺羌—拉竹龙深断裂带，整个断裂系起着切割、连结造山带和大型盆地的作用。延展约2000公里。

阿尔金山主脊深断裂带，基本有两条斜列的断裂组成❷，南支自当金山以东沿青新边界的阿尔金山主脊向西南插入昆仑山系内；北支向东经安南坝、阿克赛、肃北、玉门镇与天山褶皱带的尾闾相斜列。南支断面倾向北西、倾角60°左右，深层南、北两支可能合而为一，由于断裂的规模大，剪切带平直规则，卫星照片影象极为醒目，沿断裂带形成一系列山

❶《青海省区域地质志》，送审稿。

❷"青海省构造体系与地震分布规律图说明书"，1980年。

哑口、断陷谷地以及隆洼地貌分界线。断裂带位于重力梯级带的斜坡上（图 1-4-9）。莫霍面由北西向南东倾斜，受断裂切穿影响，差异起伏显著。沿断裂带有超基性岩、深成物质呈线状分布，由西南向东北可分为 7 个岩带和 27 个岩体（表 1-4-2）。安南坝一带穿过断层之水系呈“S”形弯曲，说明近期以来断层的活动性仍是扭动性质的。

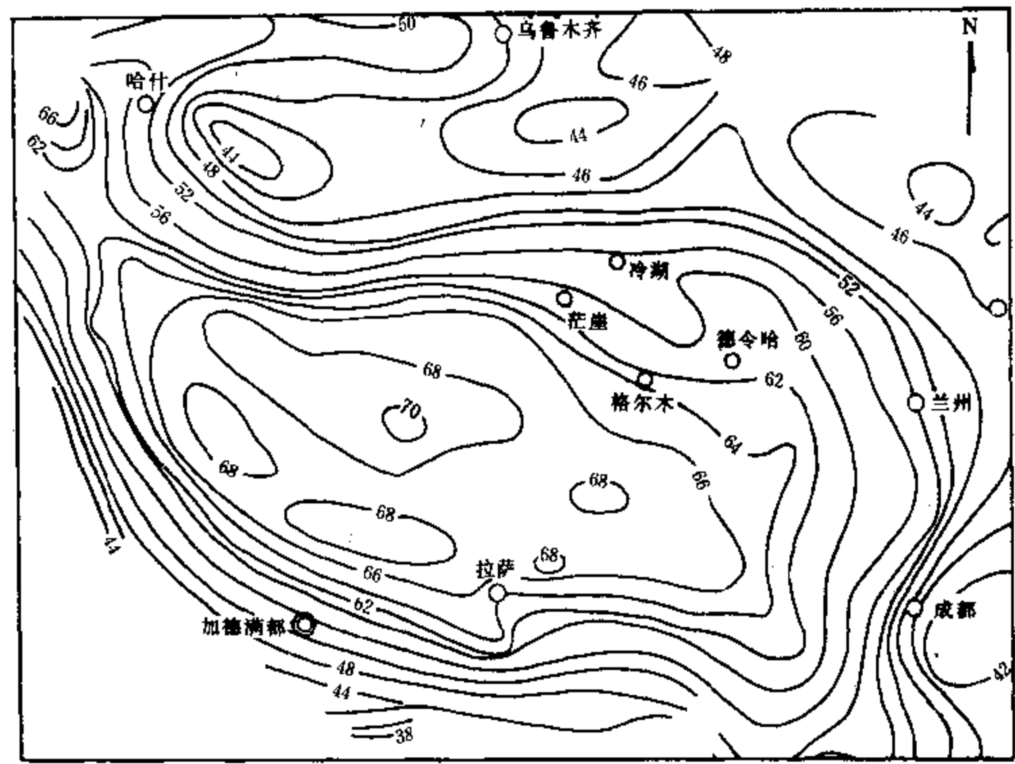


图 1-4-9　青藏高原及邻区莫霍界面等深图

（等深线单位 km）

表 1-4-2　超基性岩简表

岩体主要矿化种类	岩带名称
蛇纹石化	阿帕—古大恰岩带
石棉矿化	托库孜达坂—英格里克岩带
	莎巴里克岩带
	茫崖岩带、金泉山岩带
	安南坝—拉排沟岩带
铜镍	库牙克岩带
铬	红柳沟—卓布拉克超基性杂岩带

断裂带两盘地层构造带因受牵引力而出现斜接和弧形弯曲，且在与祁连山造山带交接部位常有 4~6 级地震发生。除地表已出露的超基性岩以外，根据磁力资料，在金鸿山以东地区有强的磁异常分布，可能是潜伏超基性岩的反映。基于上述，该断裂系是一个侧向切割、连结（褶皱带、岩浆带）的剪切带，是不单具有走向剪切滑动还兼有挤压性质，因而形成断裂分割而上隆成阿尔金块断隆起带。

4）柴达木盆地次级边缘断裂（表 1-4-3）

表 1-4-3　柴达木盆地边框（地理边界）断裂数据表

系统	名称	性质	走向	长度 km	基底落差 m	断达层位	资料来源
祁漫塔格断裂系	昆北	南逆	北西	95	5000	上新统—第四系 (T_1—T_6)	-7 测线
	哈尔扎	南逆	北西	50	1100	地面	88 测线
	库拉木拉克	南逆	北西	40	1000	地面	测线南 $\frac{245}{295}$ 测线
	塔尔丁	南逆	北西	80~100	7300	Q_{1+2}	200S、1020
柴达木盆地南缘山前 隐伏断裂	乌图美仁	南逆	近东西	>50	2500	Q_{1+2}	246S
	格尔木	南逆	东西	150	3400	Q_{1+2}	288、330 410S
	诺北	南逆	北西 东西	224	800~2500 500~1500	N_2—Q_{1+2}	重力
	海西		东西	2500			重力

a.祁漫塔格雁行基底断裂带　自西向东由平行斜列的昆北断裂、库拉木拉克断裂、哈尔扎断裂、塔尔丁断裂、乌图美仁断裂组成。这些断裂具有以下特点：走向均为北西—北西西向，与祁漫塔格山走向平行；具有由北向南、由西向东依次斜列的特点；断裂向下可断至基底，向上断达上第三系至第四系的中、下更新统，具有形成早、活动时间长，第四纪以来仍在活动等特点。

b.布尔汉布达山北坡断裂带（柴达木盆地南缘、山前隐伏断裂）　该断裂带为柴达木盆地的边框断裂，是构成盆地地理界线。西起昆仑湖以西，向东经低山头纵贯布尔汗布达山至香日德南之大高山南侧，全长 600 公里。西段断面多向南倾，倾角 70°~85°，中、东段断面向北倾，倾角 70°~75°，断裂以压性为主，有时显张性，断裂带东段被北北西向鄂拉山断裂带所切割。

c.鄂拉山断裂带　位于鄂拉山之东侧，为柴达木盆地东南界山体与共和盆地的分界线，北起乌兰东之阿移顶山，向南经哇洪山、鄂拉山东坡和共和盆地西侧，止于兴海温泉，全长

180公里。断裂走向北北西，具有南宽（50公里）北窄（10公里）的形态特点；断裂延伸较直、断面平整，具有压扭性质，产状多变；在卫星照片上该断裂地貌显示清晰，并形成一系列断层地貌，如断层垭口、陡坎、三角面、断裂谷等，沿断裂带还有成群的温泉出现。断裂带南北两段分别切割了北西向、北西西向构造线，南段切截了柴达木南缘台缘褶皱带和东昆仑北坡断隆以及深成花岗岩基，起到了阻止这几带的东延作用；北段也切断了断褶带和隆起带。该断裂以张扭性质为主，断裂两侧具有不同活动性质，为柴达木盆地的东部边缘断裂。

d.柴北缘残山断裂带　由若干条断裂组成（表1-4-4），它们的共同特点是：

表1-4-4　柴北缘残山断裂带断裂数据表

名称	性质	走向	长度 km	基底落差 m	断达层位	资料来源
小赛前	北逆	北西西	19		E_3^2	
赛北	南逆	北西西	85	1000	N_{1g}	0027
赛南	北逆	北西	100	750	地面	160N、200N
绿南	北逆	北西	80	1700	地面	330N、1199E
绿北	南逆	119°	19.7	400	古生界顶	1245测线
全北	南逆	78°～120°	41	700	中生界顶	428测线
埃北	南逆	130°～75°	114	4400	N_{2s}	D85022测线
埃南		北西—东西	250			重力
锡南	北逆	北西	>30	3500	地面	410N
锡北		北西—东西	35			重力

1）在形成条件上与准地台内部长条形的裂陷槽褶皱紧密相伴。

2）在空间上时隐时现、时断时续，自西北向东南具有左行雁列展布特点。

3）具有中生代山体两侧拉张，后被新生代逆冲切割的模式（图1-4-10），山体形态上半部呈楔形。

e.柴达木盆地内断裂　划分为盘内一级断裂有5条，亚一级断裂14条、二级断裂24条。

（1）盆地一级断裂（表1-4-5）　其中葫北—陵间—黄泥滩断裂及东苦—契盖苏断裂为盆地内一级构造单元的界线，其余三条断裂亦都为一级构造单元的分界。其共同特点是：

1）断距大、纵向断开层位多，一般断距均在3000米以上，最大可到6000米，严格控制着基岩的起伏和隆、坳的分布。边界两侧地质结构、演化历史以及形变特点有所不同。

2）断开的层位多由基岩一直断到盖层的不同层位，断裂延伸150～300公里。

此外，由陵间断裂统计数据表明，该断裂发生较早，活动时间较长，具有生长断裂的特点，断距下大上小，生长指数下小上大，说明晚期的活动性逐渐增强，至上新世进入剧烈活

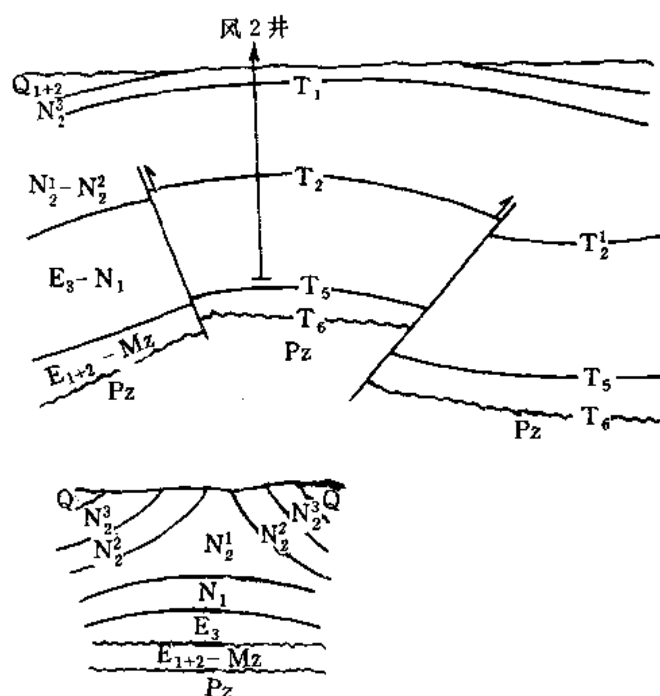


图 1-4-10　两侧拉张→逆冲构造模式示意图

表 1-4-5　一级断裂统计（要素）表

一级断裂	名称	性质	走向	长度 km	基底落差 m	断达层位	资料来源
葫北—黄泥滩	葫北	南逆	北西	70	1000～3000	$N_2—Q_{1+2}$	160
	陵间	北逆	北西	130	4600	Q_{1+2}	26、288、330
	黄泥滩	北逆	北西	65	6000	$N_2—Q_{1+2}$	
坪东—碱北	坪东	南逆	北北西	35	500～1200	$N_2—Q_{1+2}$	88
	碱北	南逆	北西	30	1000	$N_2—Q_{1+2}$	
自流井—黄石	自流井	南逆	北西	150	5600	Q_{1+2}	52A、88
牛鼻子梁—月牙山	牛鼻子梁	不清	北东	65	3000		重力
	红三旱一号	不清	北东	55	3000		重力
	月牙山	北逆	北东	40	1000～4000	N_2s	重力、地震 85026

动期，生成指数为 1.48～3.33，晚上新世趋于平静。

东苦断裂—契盖苏断裂航磁显示清晰，重力亦有显示，为基岩断裂。后期活动不明显。

(2) 二级断裂（表 1-4-6）　由表 1-4-6 中可以看出二级断裂在凹陷区中主要分布于正向构造的南北两翼，使凹陷区进一步分化为构造带与凹陷带。如油泉子构造的油南、油北

断裂；冷湖构造带两翼的垣西、垣东、垣北断裂等。此类断裂纵向上断开层位多，可从基岩断至第三系上新统；断距大多在1000～2000米，延伸长度较小，多数在几十公里，具有形成早、发育历史较长、结束时间晚的特点。

表1-4-6　柴达木盆地二级断裂统计表

名称	性质	走向	长度 km	基岩落差 m	断达层位	资料来源
绿西	东逆	近南北	10	600	基岩$-N_2y$	1008测线
风南	北逆	东西—北西西	68	1500	基岩$-N_2y$	064、088测线
翼南	基岩为正断层盖层为逆断层	北西	>21		基岩$-N_2s$	024测线
驼南	北逆	北西—东西—北西	36.5	3990	基岩$-N_2s$	据地物4-83-3
昆Ⅱ	北逆	北西西—北西	60	1000	基岩$-E_{1+2}$	140测线
马仙	南逆	东西—北东东	36.5	1930	基岩$-N_2s$	294测线
26号	逆	近东西	18.3	1140	基岩$-E_3$	432测线
28号	逆	近东西	4.5	500	基岩$-M_2$顶	1245测线
全北	逆	近东西	41	700	基岩$-M_2$顶	428测线
14号	逆	东西—北西西	78	3100	基岩$-N_1y$	8501测线
XⅢ	北逆	东西—北西	50	1800	基岩$-N_1y$	40测线
阿拉尔	南逆	东西—北西西	46	4700	基岩$-N_2s$	-7、202测线
落南	北逆	北西	40	1000	基岩$-N_1y$	160测线
梁北	南逆	北西	25	>1000	基岩$-Q_{1+2}$	024测线
风北	南逆	北西—北西西	65		基岩$-N_2y$	064、088测线
尖北	南逆	东西—北西西	25	360～1200	基岩$-N_1y$	
坪西	东逆	北北西	>10	900～1000	基岩$-E_{1+2}$	
垣北	南逆	北西西	40	1050	基岩$-N_1y$	地物4-83-4
垣西	东逆	北北西—南北	20	380～1000	基岩$-N_2y$	地物4-77-4
绿北	逆		19.7	400	基岩-中生界	1245测线
垣东	南逆	北西	7.5	500～2500		
砂滩边	北逆	北西—北东	30	1500～4000	基岩$-N_1y$	
甘森南	北逆	北西	30	1000～3000		

三、构造单元划分（图 1-4-11）

一级单元　主要考虑基底性质以及由于基底的不均性而引起盖层沉积构造发展史的差异性，并结合考虑断裂活动的特点。

亚一级单元　主要依据基底起伏的形态，参考构造发育史，并结合考虑断裂活动。

二级单元　主要依据盖层构造特征及构造发育历史。如中、新生代构造的形态、排列、分布规律和成因类型等。

1. 一级单元

从柴达木盆地基底性质分区图（图 1-4-11）中，可以看出基底性质是不均一的，大多

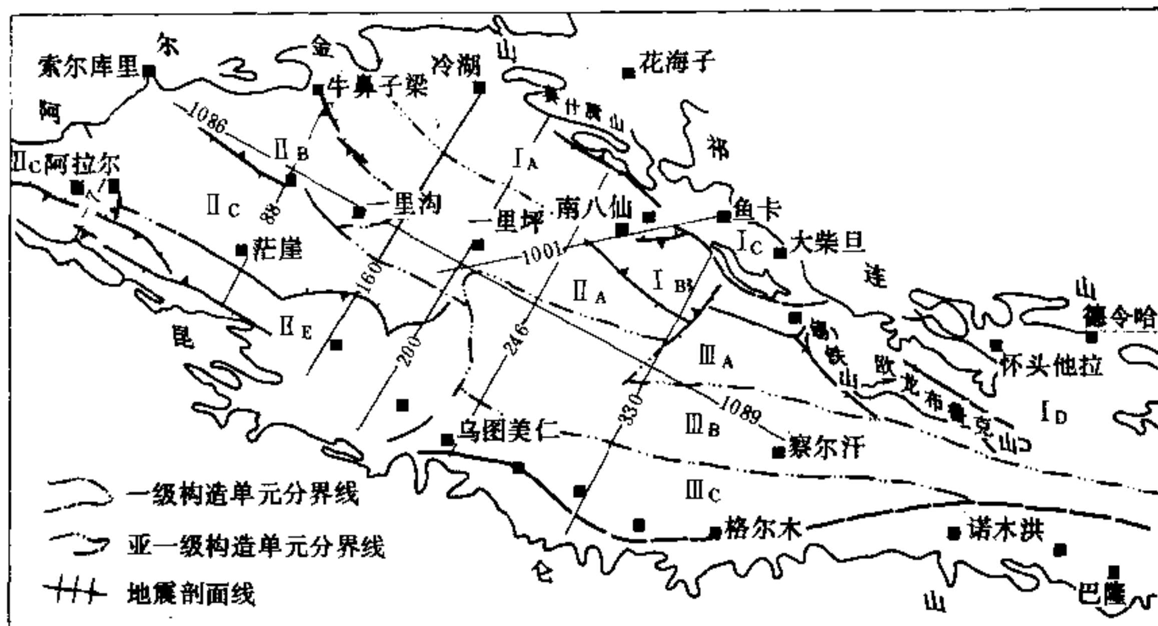


图 1-4-11　青海省柴达木盆地构造单元划分图

是北西—南东展布：如昆北阶地的基岩性质大多是海西期的花岗岩；乌图美仁一带为石炭系灰岩；中央坳陷带基底主要为下古生界变质岩、花岗片麻岩；北缘块断带基底主要为下古生界变质岩。柴达木盆地的主应力为南西—北东向，发育了北西—北西西向的一组压性断裂构成。由于这些断裂的控制和分割，根据以上原则可将柴达木盆地划分为三个一级构造单元。

(1) 北部块断带　北界为柴北缘深断裂系，南界为鄂博梁南缘—陵间断裂—黄泥滩断裂—埃姆尼克山南缘深断裂与中央坳陷带分界。即包括了前长城系的结晶基底和古生代裂陷地槽型的褶皱基底。同时间杂有条带状中酸性、中基性火山岩、岩浆岩。北缘块断带自中生代以来的基底块断活动形成的地槽型断陷，对中生界特别是中、下侏罗统的分布有着明显的控制作用。由于中侏罗统的 J_2^5 及 J_2^7 为较好的生油层，决定了本层油气藏的分布与中侏罗统的分布有关。

(2) 西部坳陷区　西起阿尔金山深断裂系，东到契盖苏—东苦断裂附近（因目前物探资料此二断裂未连结，故中间界线不清），北界为北部块断带的南缘西半段，南以祁漫塔格山北缘断裂为界。中、新生界之下为上古生代浅变质岩系，间杂条带状及斑块状酸性、中酸性岩浆岩。据钻井资料得知：阿浅 5 井钻达古生界绿泥石片岩，阿地 9 井为灰绿色极岩、细粒

变砂岩和紫灰色千枚岩；咸水泉中3井见有变砾岩及绿色片岩；另有几口井见到花岗岩。本区一些地带具双层结构特征，磁场几乎为零线，一般异常强度均小于10伽马，应为由沉积变质的无磁性轻变质岩、有轻微花岗岩活动、无大量中基性喷发岩，反映固结程度较低，属柔性基底。本区为盆地第三纪坳陷阶段的主体沉降区，不但分布着主要坳陷阶段沉积的巨厚渐新统和中新统的主力生油层，亦存在着由西向东沉积中心转移形成的呈叠瓦状的中、下部上新统的生油层。同时，在生油层之下，存在着坳陷初期厚约200～300米以下渐新统的河道三角洲储集层和叠合于主要生油层之上的三角洲储集层，决定了盆地西部具有多种油气藏的分布。

(3) 东部坳陷区　西界为契盖苏—东苦断裂附近，东到都兰县一带，北界为绿梁山—锡铁山—埃姆尼克山南缘断裂，南到布尔汉布达山北缘断裂。由前长城系结晶基底组成，并有中酸性—中基性岩浆岩。格尔木—诺木洪一带五口探井在1200米以内均钻遇晚古生代花岗岩，其与布尔汉布达山出露的相同。航磁显示为较高强度的、变化正异常及无定向斑块状的正异常，说明本区是固结程度较高的地区，代表了刚性而稳定的基底结构。本区第三纪时为相对隆起区，没有生油层分布，由于沉积中心东移，沉积了厚达3200米的第四系，在台吉乃尔附近1.7万多平方公里范围内有1600多米富含有机质的气源层，是第四系气田的重要生储组合。

2.亚一级单元

柴达木盆地共划分了12个亚一级单元。如断陷亚区、断阶亚区、隆起亚区等。但需要说明的是这次划出的茫崖坳陷亚区和一里坪坳陷亚区，由于隶属于西部坳陷区内，故以往绝大多数同志将其定为二级构造单元，即茫崖凹陷和一里坪凹陷（故在本书内也多次引用了原来的命名），这次考虑到它与较小的“红狮凹陷”等关系，故增加了亚区的概念。

3.二级单元

以反映层构造为主、突出正向构造，如背斜带、潜山带、断鼻带、凸起等。但对含油或可能含油的负向构造也予以命名。如断陷、凹陷等。柴达木盆地共划分了46个二级单元（见表1-4-7）。

四、柴达木盆地亚级构造的特征

基于上述区域大剖面的资料和分析，对盆地主要亚一级构造单元的特征分述如下：

北部块断带可分为：

(1) 赛昆断陷带（亚区）（ⅠA）　包括了赛什腾断陷、昆特依断陷等构造带。该带中生代时期基岩断块活动比较发育，对中生界特别是侏罗系的分布有严格的控制作用，形成了侏罗系生油断陷和它自己的断块油藏的成油规律。冷湖含油背斜带即位于此带内。

(2) 大红沟隆起亚区（ⅠB）　包括了马海、南八仙、大红沟背斜带等（图1-4-12)。基岩埋藏较浅，钻入基岩的9口井说明基岩顶面均在4000米以内。马海一带缺失中生界，下第三系呈超覆状分布，基岩的断块活动相对比较稳定，表层构造形态严格受基底形态控制。

(3) 鱼卡、红山断陷带（ⅠC）　包括鱼卡断陷和大柴旦红山断陷，南北为老山所夹持，北缘有煤系及油页岩出露，第三系沉积较薄。红山二号在上侏罗统下部发现了油砂，本带中侏罗统具生油条件，上侏罗统为储集层，是北部块断带的一个有利含油地带。

(4) 德令哈断陷带（ⅠD）　包括德令哈断陷、欧南断陷等。分析侏罗系具有生油条件，石炭系可能成为油源层。广大地区为第四系所覆盖，构造性质不明确。

表1-4-7 柴达木盆地构造单元划分表

一级构造	亚一级构造	二级构造	
北部块断带Ⅰ	赛昆断陷亚区 ⅠA	ⅠA-1 驼南背斜带 ⅠA-2 赛什腾断陷 ⅠA-3 冷湖背斜带	ⅠA-4 昆特依断陷 ⅠA-5 鄂博梁一号、葫芦山背斜带
	大红沟隆起亚区 ⅠB	ⅠB-1 平顶山、野马背斜带 ⅠB-2 马海、南八仙背斜带	ⅠB-3 北陵丘、东陵丘背斜带 ⅠB-4 大红沟背斜带
	鱼卡、红山断陷亚区ⅠC	ⅠC-1 鱼卡断陷	ⅠC-2 大柴旦、红山断陷
	德令哈断陷亚区 ⅠD	ⅠD-1 德北断陷 ⅠD-2 德令哈断陷 ⅠD-3 乌兰背斜带	ⅠD-4 欧南断陷 ⅠD-5 埃姆尼克潜山带
西部坳陷区Ⅱ	一里坪坳陷亚区 ⅡA	ⅡA-1 伊北凹陷 ⅡA-2 鄂博梁背斜带	ⅡA-3 一里坪凹陷
	大风山隆起亚区 ⅡB	ⅡB-1 碱山背斜带 ⅡB-2 尖顶山背斜带	ⅡB-3 大风山背斜带
	茫崖坳陷亚区 ⅡC	ⅡC-1 小梁山凹陷 ⅡC-2 南翼山背斜带 ⅡC-3 油墩子背斜带 ⅡC-4 油泉子背斜带	ⅡC-5 英雄岭凹陷 ⅡC-6 茫崖背斜带 ⅡC-7 干柴沟、红沟子断鼻带 ⅡC-8 狮子沟、油砂山背斜带
	尕斯断陷亚区 ⅡD	ⅡD-1 红狮凹陷 ⅡD-2 七个泉断鼻带	ⅡD-3 红柳泉、跃进一号断鼻带 ⅡD-4 阿拉尔背斜带
	昆北断阶亚区 ⅡE	ⅡE-1 铁克里克凸起 ⅡE-2 扎哈泉断陷 ⅡE-3 乌南绿草滩断鼻带 ⅡE-4 切克里克断陷	ⅡE-5 东柴山背斜带 ⅡE-6 黄石凸起 ⅡE-7 甘森泉断陷
东部坳陷区Ⅲ	盐湖斜坡ⅢA	ⅢA-1 盐湖背斜带	
	三湖坳陷亚区 ⅢB	ⅢB-1 涩北背斜带 ⅢB-2 驼峰山背斜带	ⅢB-3 三湖凹陷
	格尔木斜坡ⅢC	ⅢC-1 乌图美仁断鼻带	

西部坳陷区可分为:

(5) 一里坪坳陷亚区（ⅡA） 包括伊北凹陷、一里坪凹陷等。1001测线陵间断裂以南为一里坪凹陷深16000米，由于基底刚性较强，基底起伏平缓，盖层构造也表现为平缓的背斜，这个区域主要坳陷时期是晚第三纪至早第四纪，上第三系则急骤加厚，湖盆变浅，生油能力变差。

(6) 大风山隆起亚区（ⅡB） 包括尖顶山、大风山背斜带等。东与东坪牛鼻子梁相邻，南同南翼山背斜带相连。从基底形态看，处于两个凹陷基岩相对较高部位。该区构造宽

平，向深部有薄顶现象，并与基底隆起符合较好，基底控制了构造轴向。在第三纪晚期本区遭受强烈的构造运动，在第四系与上第三系之间存在有明显的不整合。

(7) 茫崖坳陷亚区（ⅡC）（图 1—4—13） 包括小梁山凹陷、英雄岭凹陷和南翼山、油泉子、狮子沟—油砂山背斜带等，是柴达木盆地主要生油坳陷。从地震剖面看，本区缺失侏罗系，白垩系有分布。下第三系早中期处于下沉阶段，形成沉降、沉积相叠合的深凹陷，是盆地内第三系的生油中心，第三纪晚期至第四纪回返，形成一系列背斜带。

(8) 尕斯断陷带（ⅡD） 包括红狮凹陷和红柳泉、阿拉尔背斜带等。西北与阿尔金斜坡相连，南与昆北断阶相邻。块断活动剧烈，基岩起伏明显，从地震剖面分析，白垩系沉积厚 5000 米左右，最深的红狮凹陷深 6500 米，浅的铁木里克 381 米遇基岩。本区是第三纪最主要的含油区，尕斯库勒油田位于本带内。

(9) 昆北断阶带（ⅡE） 包括扎哈尔断陷、切克里克断陷和铁木里克、黄石凸起等。位于东昆仑山北缘同尕斯断陷带之间。本区基底属刚性，根据基底起伏及断裂可划分为 7 个二级构造单元。

东部坳陷区（三湖坳陷区）可分为：

(10) 盐湖斜坡（ⅢA） 包括盐湖背斜带，位于锡铁山以南，地震剖面反映由达布逊湖向锡铁山方向逐渐抬升成斜坡带，同山体为断层接触，形成于晚第三纪晚期至第四纪。

(11) 三湖坳陷亚区（ⅢB） 包括涩北、驼峰山等背斜带和三湖凹陷。从红三旱四号以东至达布逊湖属三湖坳陷亚区，在中生代和古始新世，本区为隆起区，未接受沉积，渐、中新世沉积厚度比盆地西部和北部薄。下第三系及上第三系中下部为西部坳陷的东延部分，而上新世上部及第四系是本区新形成的坳陷，基岩埋深 7000～13000 米，其中第四系厚达 3150 米，为一套富含有机质的气源层。由别勒湖向东第三系抬升变薄并缺失中生界，古新世超覆于基岩之上。地震剖面说明达布逊湖基底已变浅为 5500 米左右，呈向东抬起的斜坡。三湖坳陷中心为弱变形区，断裂少，局部见微弱起伏背斜。

(12) 格尔木斜坡（ⅢC） 包括乌图美仁断鼻带。基底由南向北逐渐加深，北界划在基底变为平缓的地带，夹持于诺北断裂与乌图美仁断裂之间，本带第三系向南可能超覆。诺木洪凸起埋藏较浅，基岩深 1100～1200 米之间。

五、盆地二级构造单元的主要类型

依据盖层构造形态和二级断裂展布划分的。柴达木盆地三个一级构造单元共划分二级构造带（单元）46 个，其中断裂背斜带 9 个，背斜带 11 个，潜山带 2 个，斜坡 1 个，凸起 2 个，凹陷 6 个，断陷 10 个，断鼻 5 个。

(1) 背斜带 没有明显的断裂作用或断裂对油气藏的形成与分布没有明显的控制作用的背斜构造。全盆地共划出 20 个背斜带，按构造成因可分为下列三种类型：

1) 表层褶皱型 中、新生代沉积盖层在第三纪末及第四纪早期，主要受压性形成的表层梳状背斜构造束，构造紧闭，长短轴比值大，而且与基岩的起伏不符或相反，如茫崖背斜带的茫崖构造。而盆地东部三湖区是第四系形成的构造，非常宽平。

2) 基底褶皱型 分析认为是在第三纪末期第四纪初期的构造运动中，新生代沉积盖层和基底岩系一起褶皱形成的背斜带，其特点是背斜同基底隆起带吻合较好，但构造形成时间又很新，这类构造最有代表性的是黄石构造。

3) 基底隆起型 构造的形成与基底的隆起作用有关，因此构造的形成时间比前两类为早，构造长短轴比值小，往往是宽平的箱状背斜构造，以尖顶山、大风山背斜带最为典型。

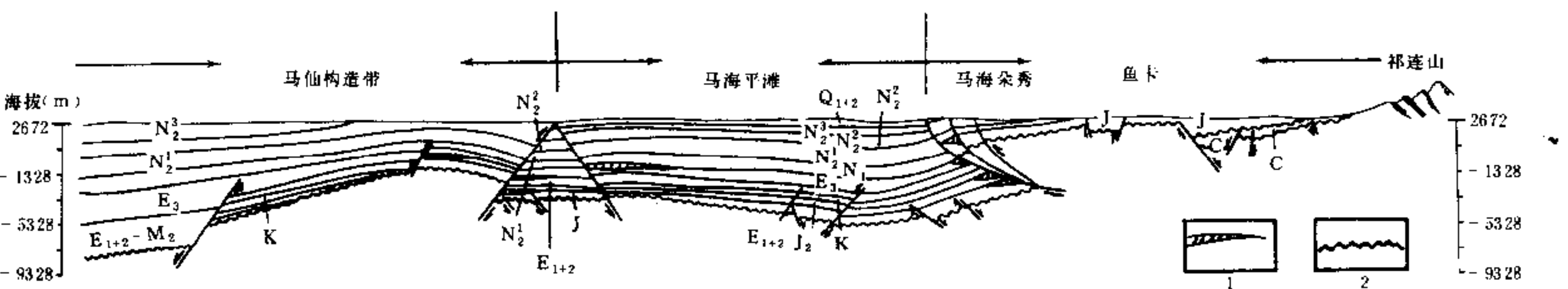


图1-4-12　鱼卡—马海—南八仙横剖面图

1—气层；2—不整合面

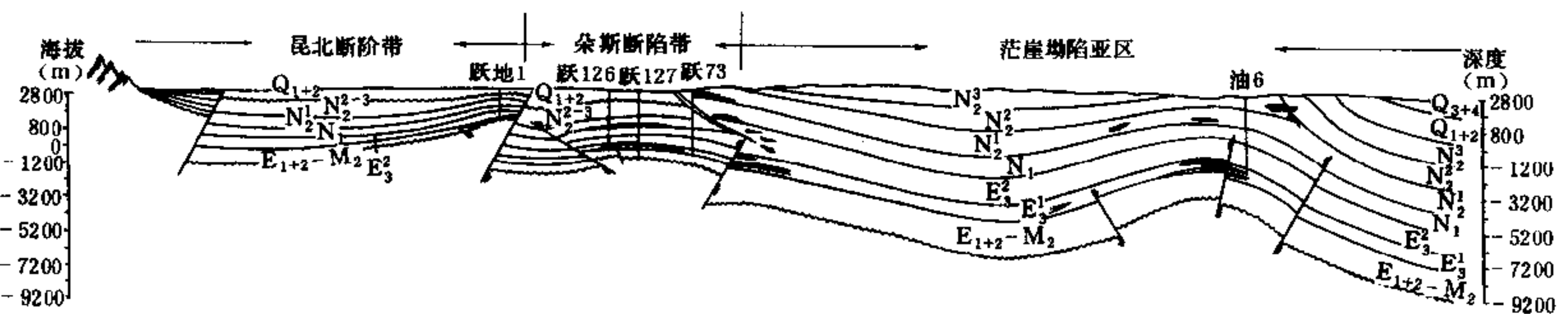


图1-4-13　茫崖坳陷亚区—昆北断陷带横剖面图

(图例同1-4-13)

(2) 潜山带　实质上属基底隆起型背斜带的一种，表层构造形成与基岩隆起带的古潜山有关，而中、新生代盖层沉积在古潜山两侧形成不整合的构造关系，如马海构造、埃姆尼克等。

(3) 断裂构造带　盖层构造叠合在早、中侏罗世的生油断陷上，具有古低今高的发育史，区域性的主干断裂贯穿二级构造带。对这个块断构造带的形成和油气聚集起着主要作用，如冷湖断裂构造带。

(4) 断凸　两侧为基岩断裂所限，是一个基岩已局部裸露的长条形断凸，其上缺失中生界或下第三系沉积。

(5) 断阶　断阶是两侧为区域断裂所限，并向盆地内呈阶梯状断落。

(6) 断鼻带　一侧为断层所限，一侧向盆地内呈鼻状倾没，如咸水泉、干柴沟断鼻。

(7) 断陷及凹陷　是一个负向二级单元。由于断陷对侏罗系有控制作用，因之形成槽形的生油断陷，其中赛什腾、鱼卡断陷证实是生油凹陷，德令哈为可能的生油凹陷，如为沉积的负向构造单元，则称为凹陷。

第四节　盆地构造分析

如上所述，柴达木盆地是我国西部的一个大型中、新生代内陆含油气盆地。共划分了3个一级构造单元，12个亚一级构造单元，46个二级构造单元和140个地面三级构造和42个潜伏三级构造。

一、构造格局●

盆地盖层构造特征和中、新生界构造轮廓及构造格局，可以结合盆地内区域性地震大剖面进一步得到了解。柴达木盆地共有区域大剖面15条，基本控制了基底结构、盖层形态和断层的分布，现选择几条剖面分述如下：

1.铁木里克—狮子沟（-7测线）剖面（图1-4-14）

从深度剖面图上可以看出，阿拉尔断裂将剖面分为结构不同的两部分：断裂以南基岩突然变浅，埋深800米左右，缺失上新统上段以下地层，显示了古凸起的性质；断裂以北下盘部分，基岩埋深5000米左右，地层分布较全，从第四系中、下更新统直至中生界白垩系（或上侏罗统）均有分布。断裂两侧层位和厚度的巨大差异，表明断裂发生较早，控制了中、新生界的沉积和构造的发育。测线北端红柳泉断裂，其规模和影响均不及阿拉尔断裂。

2.弯梁—冷湖四号（160测线）剖面（图1-4-15）

甘森断裂以南为断拱区，由夹持在次级条块结构内的断鼻构造形成。断裂以北属于黄石凸起东部倾没端，在北边与其间列的便是基岩深达15000米的一里坪坳陷亚区的主体部位，中段的鄂博梁二号、葫芦山构造未取得反射资料，由葫芦山向北各层段厚度与一里坪坳陷亚区相比明显变薄，仅为前者的一半，即为北部块断区。

3.乌图美仁—结绿素（246测线）剖面（图1-4-16）

乌图美仁断裂以南抬升，只有上新统和更新统分布，断裂以北至陵间断裂间为西部坳陷区与东部坳陷区的过渡地带，基岩最深可达14000米，新生代地层形变减弱。陵间断裂以北为北部块断带，基岩块起块落加剧，在冷湖七号构造基岩已抬升到6000米，再往北为赛什腾

●青海省柴达木盆地区域构造特征——"柴达木盆地地震反射区域大剖面综合解释报告之一"（刁荣丰，1986）

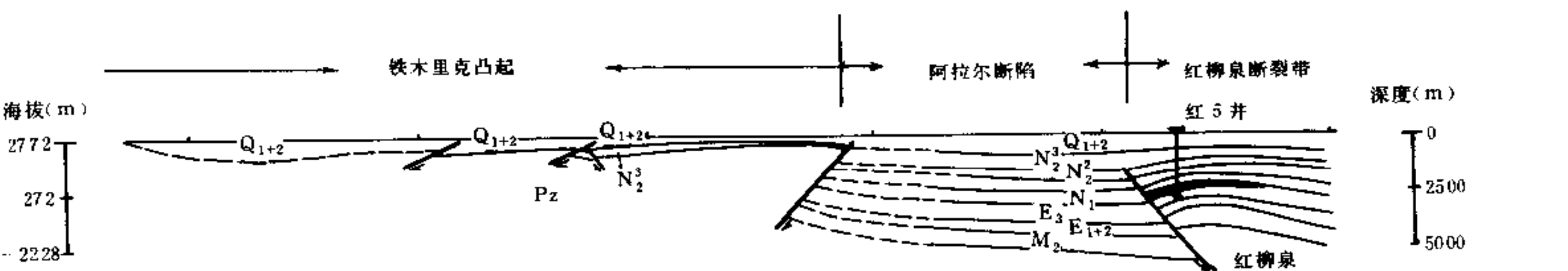


图 1-4-14　铁木里克—狮子沟-7 测线剖面图

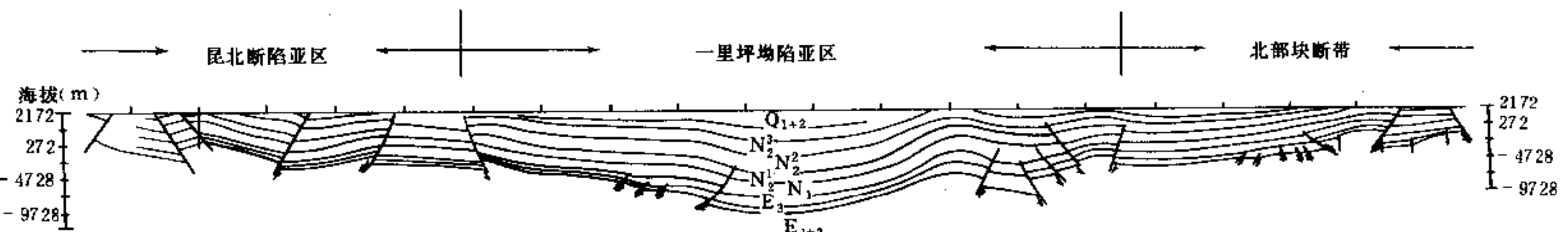


图 1-4-15　弯梁—冷湖四号（160 测线）剖面图

断陷，基岩深度又降到9000米，玛瑙构造有拱起显示。

4.红三旱四号—鱼卡（1001测线）剖面（图1–4–17）

自西向东斜穿盆地，先后通过陵间、马仙及绿南断裂。

1）陵间断裂以南为西部坳陷区，沉积岩厚12000～16000米，基底起伏平缓，红三旱四号及鸭湖均显示为平缓的背斜构造。

2）陵间断裂—马仙断裂之间为北部块断区的马海、南八仙背斜带，基岩埋深4000～5000米，仙3井井下有100米的中侏罗统煤系地层。

3）马仙断裂—绿南断裂间是赛什腾断陷，基岩深6000～8000米，中生界厚1400米。

4）绿南断裂上盘的鱼卡断陷，是属于中生代断陷区转化为现今的断褶构造区。基岩埋深小于3000米，断裂发育，构造紧密，中生界厚1000米左右。

基于上述等剖面的分析研究，柴达木盆地的构造分布是：北部地区构造起伏显著，排列成带，向斜宽平，构造带成为分开向斜的隔档，出露地区以第三系为主，少数有中生代地层出露；盆地西部地区构造起伏更为显著，背斜与向斜组成波浪式起伏，构造排列密集，除边缘局部构造见中生代地层外，绝大多数出露为第三系；盆地东部构造起伏十分微弱，分布稀疏，出露地层均为第四系。

二、柴达木盆地构造的差异性

基底性质的不同，决定了盆地盖层地质构造的差异性，主要表现在构造类型及形成时序，深浅层构造的一致性等几个方面。

1.形成时序

形成油气藏尤其是形成较大的油气田，要求具备良好的圈闭条件，并同油气运移时间相配合，这是指圈闭发生在烃类生成和运移之前，或是在油气运移过程中与其同时形成者。相反，大规模油气运移之后形成的圈闭则很难聚集油气。由此可见研究构造形成时序，对油气勘探具有十分重大的现实意义。在此，着重强调生油层成熟期与构造形成时序之间的内在联系，即把与生油层成熟期相同或早于生油层成熟期之前所形成的古圈闭，统称为有效圈闭。反之，晚于生油层成熟期形成的圈闭为不利圈闭。只要生油层进入门限深度（或门限温度）之后，则认为该套生油层已进入成熟期。据渤海石油公司何炳骏研究，认为这个时期大致相当于地层压实的第三阶段（即压实剧变阶段），其排水量占泥岩全部水量的21.5%，是石油初次运移的良好载体。

近年来对尕斯断陷地区构造形成时序问题进行过研究。其研究方法是采用厚度比值法（翼部厚度比顶部厚度，或断层下降盘厚度比上升盘厚度），根据比值大小判断各构造及断裂的发育情况。若比值<1，则认为该构造或断裂没有生长；若$1.05<$比值<1.10，则认为有微弱生长；若比值>1.10，则认为有较明显的生长。

按照此方法，对尕斯断陷地区的所有构造及断裂进行了厚度统计和生长指数计算，结果是：

1）尕斯断陷内古构造雏形期早，发育期长，结束期晚；

2）断裂与构造均具同生发展历史，二者有极为密切的生成联系。

据柴达木生油层研究结果，认为尕斯断陷主要生油层系（上部渐新统E_3^2—下部中新统N_1^1），其门限深度小于或等于2600米，按此深度衡量，上部上新世N_2末期，E_3^2生油层即已进入成熟期；第四纪中、早更新世Q_{1+2}的中后期，N_1^1顶部生油层亦进入成熟期。与生油层成熟期相同或早于生油层成熟期之先形成的古圈闭，都应属于有效圈闭。尕斯断陷的古



图 1-4-16 乌图美仁—结绿素（246 测线）剖面图

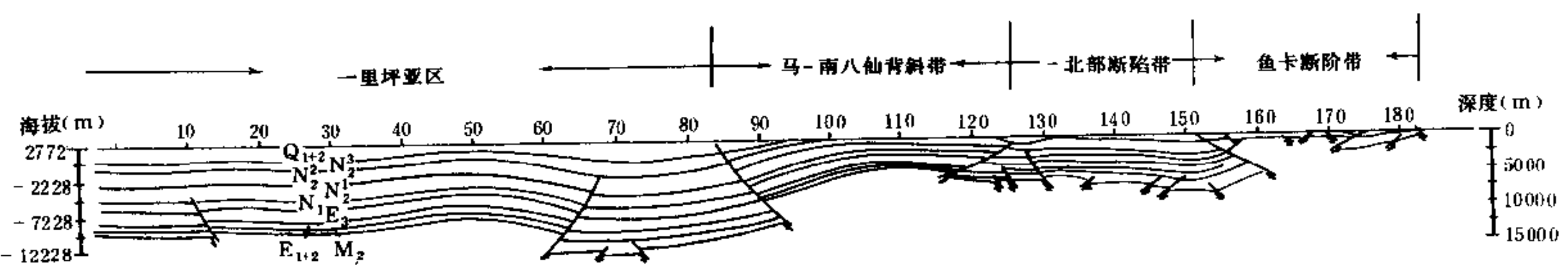


图 1-4-17 红三旱四号—鱼卡（1001 测线）剖面图

构造发生期一般都在 M_z—N_1 时期，而定型则为 N_2 末。显然该区不同时期所形成的古构造都是有效的。

西部南区的绿草滩和扎哈泉构造，在整个地质历史时期（扎哈泉 E_3^2 除外），均无古构造显示，现今地下潜伏构造已被地震反射所证实，故结合区域构造运动情况分析，潜伏构造应为上新世末，晚期喜山运动形成的。按这个形成时期计算，E_3^2 中上部和 N_1^1 全部的生油层均已进入成熟期，故此二构造亦应为有效圈闭。

柴达木盆地西部北区构造形成时序与生油层成熟期关系也进行过研究，并提出了评价。

2.柴达木盆地深浅层构造的继承性

研究深、浅层构造一致性的目的，在于查明深部构造的存在及其形态，确定构造顶部随深度发生偏移的距离以及研究引起偏移的原因，以便正确部署井位，提高勘探效率。柴达木盆地的勘探实践表明，盆地内真正发生构造顶部位置明显偏移的情况虽然存在，但不多见；而大量常见的情况则是深、浅层构造形态具有一定差异，其表现有以下几种：

构造顶部位置明显偏移，具有这种特点的构造，一般属于形成很晚或一次性形成的后生构造，如狮子沟、油砂山构造和油泉子构造等。这种构造的形成机制是由于侧向压力不均或单向挤压，造成局部构造一翼陡、一翼缓，其陡翼往往形成与褶皱相伴生的逆断层，断距上大下小，向深部逐渐消失。由于断层作用，构造高点发生明显偏移，其偏移的规律是：自上而下高点随断层面的倾斜而使构造顶部由浅至深渐向缓翼移动。断层消失之处，就是深部构造高点所在位置。如狮子沟—油砂山大断裂，为倾角 21°～38° 的北倾逆断层，断距向深部一般消失于 E_3 顶部附近，水平断距达两公里左右。

3.深、浅层构造形态符合性

浅层为背斜向下变为单斜，这类构造集中分布在柴西北区中心地带，深部无基岩隆起，即所谓表层构造圈闭类型。黄瓜梁、乱山子、红三旱三号等构造，其形成机制是由于这些地面构造本身隆起幅度较小，由于地层向某一方向的增厚，在地面构造圈闭范围内的增厚率大于圈闭幅度的前提下，即可导致深层不再存在圈闭，并形成向增厚方向倾斜的单斜层。

浅层为完整的背斜，而向下变为“两断夹一隆”的格局。这类构造广泛发育于盆地西部北区，即所谓断褶式构造圈闭类型（“两断夹一隆”）。如大风山、尖顶山、黑梁子、长尾梁、东坪、碱山、南翼山等。其形成机制是由于脆性岩层在同心褶皱发育过程中经受挤压力，在不对称同心褶皱的陡翼或近似对称同心褶皱的两翼弯曲处，产生高角度逆断层，构造南、北两翼，高角度逆断层的断面相向而倾，致使深层形成两个逆断间夹一不完整背斜构造的格局。

地面无构造地下为背斜或断鼻，这类构造分布于盆地西部南区尕斯断陷和盆地北部的赛昆断陷亚区。因第四系中下更新统地层与下伏层有明显不整合存在，不整合面之下多为背斜或鼻状构造，如赛什腾断陷内的潜伏一号等构造；而西部南区则在狮子沟组（N_2s）。底部不整合面以下有明显的背斜或鼻状构造存在，而不整合面以上地层无明显背斜显示。如红柳泉深部的鼻状构造和阿拉尔一号深部背斜等。

柴达木盆地中、新生代的构造特征，反映着盆地基底结构的不均一性，也反映了北西西、北东东两组构造线的控制作用，同时还反映了盆地的各个部分在不同的边界条件下，在构造运动中受力机制的差异性。在油气勘探中，构造研究的目的在于力求深入揭露构造运动对油气生成、运移、聚集直到保存过程中的各种控制作用，落实尽可能多的各种类型的良好圈闭，作为在盆地内寻找多种类型油气藏的基础。

第五章 油 气 生 成

第一节 生油岩形成的基本地质条件

青海省目前主要的含油气盆地有两个，即柴达木盆地和民和盆地。民和盆地已有专门一章叙述，这里着重介绍柴达木盆地油气生成的地质条件和主要成果。

中、新生代柴达木盆地经历了三个主要发展阶段：即断陷阶段、坳陷阶段和褶皱阶段。自三叠纪柴达木东部海水退出后，在东北部以断陷方式接受了晚三叠世沉积。冷湖三号地区根据孢粉分析，可能局部存在三叠纪沉积并具有一定生油条件。早、中侏罗世，除广布有河流沼泽相的含煤建造外，在一些边缘断陷中（如冷湖、鱼卡等地）发育了一套湖沼相沉积，形成了侏罗系的油源岩，上侏罗统至白垩系为一套红色河流沉积，不具备生油条件。

从第三纪早期开始，柴达木盆地由断陷转向坳陷，古新世一始新世沉积了一套充填式的河流相红色碎屑岩层。从渐新世开始，由于盆地西部大幅度沉降，东部相对较高，并于盆地西部茫崖坳陷形成一个大型的湖盆，一直延续到晚第三纪早期，沉积了厚达 6000 余米具有较好有机质丰度的新、下第三系地层，特别是下第三系上部渐新统（E_3^2）和上第三系下部中新统（N_1）形成了柴达木盆地的主力油源层系。而一里坪凹陷虽有大幅度沉降，但有较强的补偿性，实际资料表明，直到中新世晚期才形成浅湖相沉积。

第三纪晚期至第四纪，沉积中心已由盆地西部迁至东部的三湖地区。在三湖地区沉积了第四系湖沼相、盐湖相的生气岩，成为第四系天然气田的气源。

一、晚三叠世湖泊的形成

印支运动结束了东昆仑山以北的海侵史，处于全面上升与差异解体的新阶段之中。沿北西西向主控构造边界线首先发生脆性解体下沉，由冷湖三号地区孢粉组合特点说明其时古气候已渐向潮湿方向转化，陆生植物开始繁殖，为晚三叠世生油湖泊的形成提供了空间和物质条件。根据现有资料，在盆地西北缘的冷湖断陷区首先有该套湖相沉积出现，沉积了一套厚达 1000 多米灰绿色、灰色碎屑岩系。从而表明晚三叠世湖相沉积不但出现于鄂尔多斯、塔里木盆地，其南界已跨越祁连山，出现在柴达木盆地的西北缘的局部地区．这一事实扩大了我国晚三叠世生油区的范围。这套河湖相的暗色岩系以不含石膏、岩盐，夹有较多的薄煤层及油页岩为特点，具有介于半潮湿、半干旱气候带之间的地球化学特征。

二、早、中侏罗世湖沼的形成和发展

第二成油湖泊期形成于早、中侏罗世，产生于柴达木盆地北缘—东北缘鱼卡、红山等断陷，为潮湿气候条件下的淡水断陷湖盆沉积，湖盆形成机制与晚三叠世相似。由早、中侏罗世孢粉组合分析，其时气候比晚三叠世变得更潮湿，沉降区波及的范围急剧扩大，湖盆与河流、沼泽紧密相伴生，规模较小的淡水湖泊群广布于柴达木盆地北缘地区。如潜西湖泊区、鱼卡湖泊区、红山湖泊区和德令哈湖泊区。但进入晚侏罗世后，孢粉组合单调，以干旱气候的克拉梭粉（*Classopouis*）为主，从所沉积的红色砂、泥岩剖面来看，亦可说明其气候又趋干燥，湖泊随之消失，直至白垩世末，均无沉积生油岩系的湖泊存在，而接受了大量红色河流泛滥平原的沉积（图 1–5–1）。

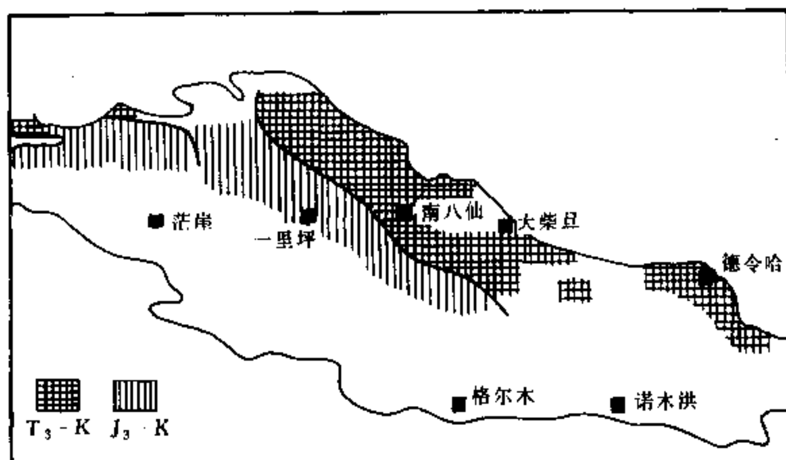


图 1-5-1　柴达木盆地中生界分布范围图

三、第三纪湖泊的形成和发展

从第三纪开始，柴达木盆地进入了一个崭新的坳陷发展阶段。古新世—始新世早期沉积了一套充填式的河流相红色碎屑岩层，随后，由于盆地西部的急剧沉降，在干燥气候条件下，在茫崖坳陷中形成了一个大型的内陆盐湖，沉积了厚达 6000～8000 米的具有一定有机质丰度的新、老第三系地层，其中渐新统上部和中新统下部成为柴达木盆地的主力油源层系。

渐新世后期，随着湖盆大规模的沉降，形成了广泛的积水条件。虽然存在多个凹陷，但就沉积体系来说表现为一个整体，没有明显分割，深湖—半深湖主要分布在茫崖坳陷内。在一里坪凹陷除 N_2^1～N_2^2 有浅湖相沉积外，第三纪早期亦有湖相沉积，已为钻井所证实。

上新世晚期（N_2^3），茫崖坳陷湖盆逐渐收缩，沉积了一套近两千米厚的含盐、含膏类的地层，基本结束了茫崖坳陷的湖盆沉积。一里坪凹陷由于湖盆东移，大部抬升而为河流相所代替。而三湖地区到第四纪则为相对沉降坳陷区。

第三纪湖泊的形成与发展尚有下列特点：

1.随时间的推移湖盆水体渐趋咸化

柴达木盆地位于北纬干燥气候带上，且由于周围为高山所环抱，为一内陆封闭性湖盆。根据第三纪不同时代地层的古盐度分析结果，在盆地西部茫崖坳陷区形成大面积湖盆的渐新世和中新世时，古盐度为 15～16‰。随着印度板块向欧亚板块的不断挤压和青藏高原的不断抬升，致使位处青藏高原东北部的柴达木盆地，在沉积中心不断东迁的同时，并与海洋潮湿气候渐趋于完全隔绝的地理环境下，湖水总体上呈现了明显咸化的趋势。如进入下部上新统（N_2^1）的古盐度为 21‰，至中部上新统（N_2^2）的古盐度已增至 30‰左右，当进入上部上新统（N_2^3）和第四纪 Q_{1+2} 后，湖水进一步浓缩，古盐度已大于 60‰以上，并达到了大量析出盐的浓度条件。从盆地 N_2^3 和 Q_{1+2} 地层内夹有大量菱形石膏结晶和岩盐、石膏层的事实，即为湖水渐趋咸化的明证。当然，在同一时期由于各区水源补给程度的差异，以及局部分隔现象的存在，尚可出现含盐度的较大差异，甚至发现盐类的沉积，但这只能说明横向上的局部变化，而不能因此否认纵向上的总体变化趋势。

图 1-5-2 是青海石油局编制的中新统古湖泊的湖水盐度分布图。图中的盐度等值线是

根据硼／镓比值（B／Ga）的计算结果，盐度的相对变化规律是可信的，它不仅反映了古湖水含盐量的分布面貌，也揭示了湖区水流的补给情况。由图中可以看出，在渐新世至中新世时期，有两个高盐度区，一个分布在狮子沟断褶带内，另一个分布在黄石一鄂博梁一带。在每个背盐区的东侧，水质相对转淡。古湖水盐度分布等值线的形态表明，茫崖以西水流补给主要来自东柴山—跃进以南，次要来源于阿尔金山，入湖水流形成了几个山前的冲积扇和狮子沟以东的淡化区。而狮子沟地区则是一个半闭塞的湖湾，含盐度最高。茫崖以东迳流的补给主要来自祁连山，其次是昆仑山，向西汇入湖盆形成了红三旱南、北及其东侧的一片湖水淡化区。这些纵向上的湖水含盐度的变化和平面上湖水含盐度的分布和水流补给情况，对第三系有机地球化学特征有着重要的影响。

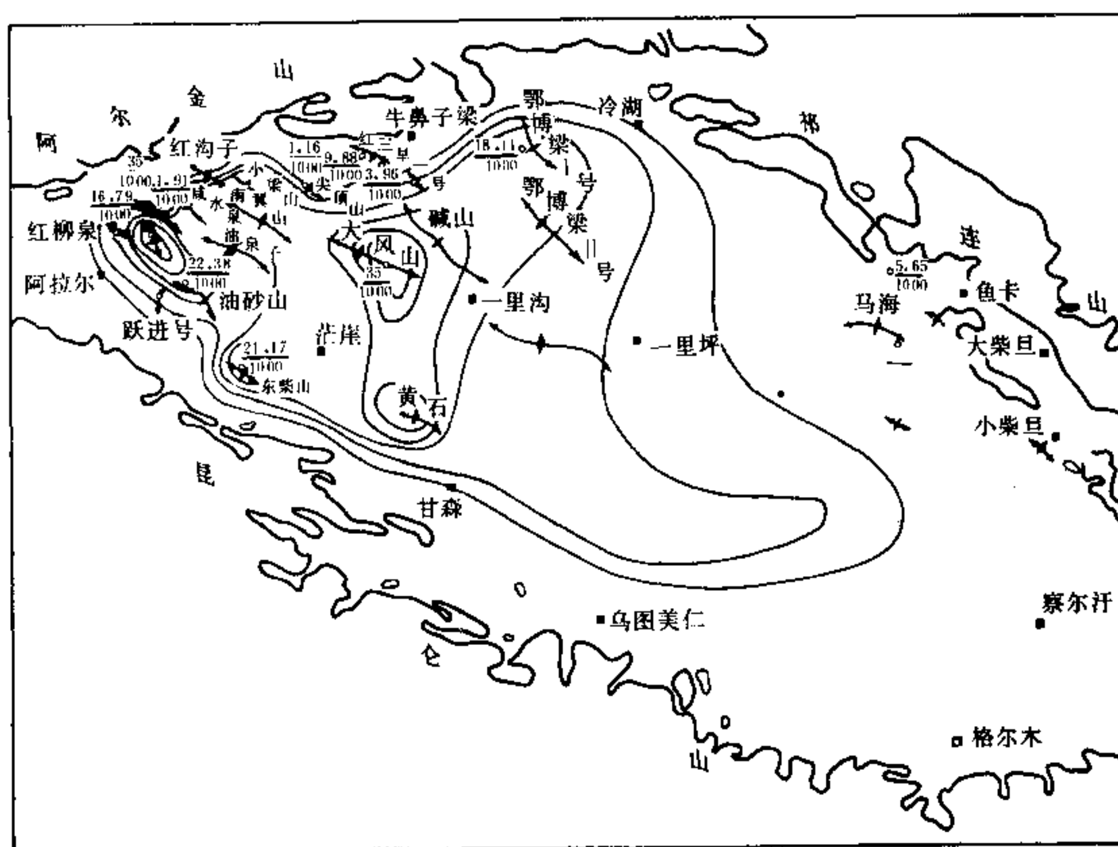


图 1-5-2　柴达木盆地中新世早期（N_1^1）古湖泊盐度平面变化图

2.沉积中心向北，向东转移

在第三纪的地质历史中，随着西藏高原的升起和向北推压，在茫崖坳陷的南部形成了一个断阶带，沉积坳陷依次向东北迁移，至第三纪末已开始转移到盆地东部。图 1-5-3、1-5-4 说明古新世—渐新世早期沉积坳陷中心位于茫崖坳陷的南部和中区；渐新世晚期—中新世早期位于茫崖坳陷的中区；中新世晚期—上新世早期位于茫崖坳陷的北部；至上新世晚期—第四纪，随着西部的抬升，沉积坳陷的中心转移到了盆地东部三湖区。这种沉降和沉积中心的转移伴随着半深水湖相分布区（即有利生油区）的变化，控制着第三系不同时期中油气的分布。茫崖坳陷中区和南区是古新统—早中新统最佳油源区，晚中新统—早上新统的

油源区以茫崖北区发育为好，而晚上新世—第四纪的油气源区则以盆地东部三湖区为好。(晚上新世沉积时，限于水体含盐量高，有机物贫乏，不具备生油气条件)。

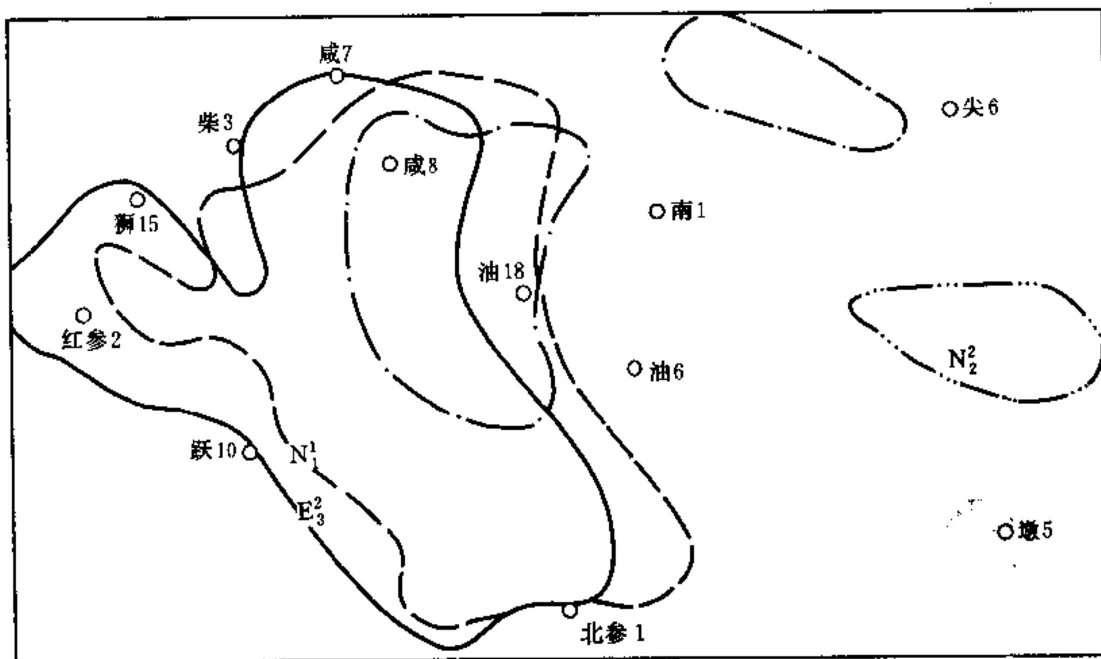


图 1—5—3　柴达木盆地茫崖坳陷第三纪不同时期最佳生油岩分布图

3.第三系生油岩中富含碳酸盐

柴达木盆地第三系剖面，除边缘相和冲积扇发育地区外，广大湖区是以暗色泥岩、钙质泥岩、泥灰岩夹粉砂岩并夹有膏盐层段为其特征。泥岩、碎屑岩中的碳酸盐含量高达 20~35%，最高达 45%。在湖盆咸化的过程中，盐类矿物的沉淀顺序是：当湖水处于含盐量小于 5~6%的半咸水—咸水阶段，是为碳酸盐沉积时期（石膏出现之前）；而当有盐层沉积出现时，湖水的盐度已经达到 24%了。一般来说，从石膏沉积开始，湖盆的演化就进入咸水或次盐湖的发展阶段了。

对每一个时期而言，如渐新世早期，湖水的盐度并不均一，当湖湾和水流补给较弱的水域已有石膏和岩盐的沉积时，而广大湖区仍处于碳酸盐沉积状态之中。在那些河流入湖的前缘，有淡水—微盐水水域存在。柴达木盆地第三系泥岩和碎屑岩中富含碳酸盐表明，这是一种半咸水—咸水条件下的沉积，具有过渡性，既不同于碎屑岩生油层，又区别于石灰岩类的生油层。其某些地球化学特征，如有机碳含量低，烃含量高，偶奇优势和植烷优势等，则表现出与石灰岩相近似的特征，这是该盆地第三系生油岩一个值得十分重视的特色。

4.湖盆发育延续时间长，分割性小

柴达木盆地西部湖盆，面积达 30000 平方公里，从始新世湖泊形成开始，延续到上新世。它以茫崖坳陷（中区）为中心，沉积了一套相当厚的富含碳酸盐的生油层系。这个巨大的半咸水—咸水湖盆分割性小，因此油源岩的发育在区域上也具有相当的稳定性。从上新世晚期，至第四纪早期，这个巨大的咸水湖盆才在构造运动中发生解体、收缩、以至消失。

应该看到，在咸水湖盆沉积中部缺乏渗透性良好的砂岩，但第三纪晚期形成的构造带，

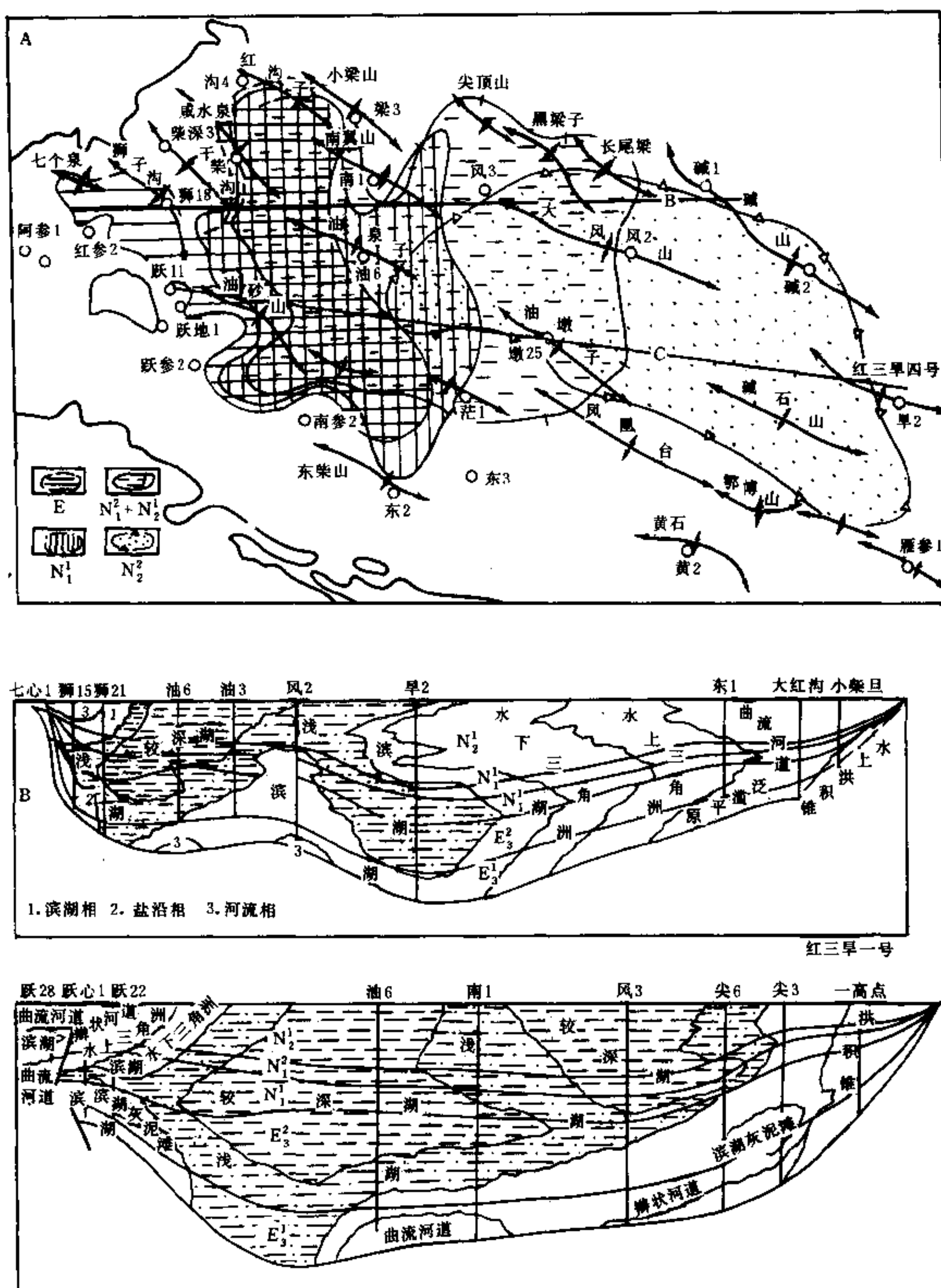


图 1–5–4　柴达木盆地西部地区第三系岩相变化及横剖面图

A.下第三系平面岩相变化图；B.下第三系七心 1 井至小柴旦岩相横剖面图；

C.下第三系跃 28 井至尖 3 井岩相横剖面图

其断裂和裂缝发育部位，为油气运移及聚集提供了必要的储集空间，这也是柴达木盆地的一个特点。

四、第四纪湖盆的形成

第三纪晚期及第四纪早期，由于青藏高原的急剧隆起，致使主要沉积区和汇水中心由盆地西、中部逐渐迁移至盆地东南部（即目前的三湖地区）。盆地四周高山的进一步隆起，形成了更为封闭的古地理环境，结合第四纪发育的冰川活动，控制了柴达木盆地东部地区第四纪的湖泊形成、演化和分布的特点。

1.寒冷气候与湿暖气候的交替

根据介形虫化石的纵横向分布，柴达木盆地东部地区的第四系自下而上可划分为12个层（杨藩，1979年），喜冷介形类与喜热介形类在剖面上交替出现6次，表明柴达木盆地第四系气候几经冷、暖变化，是冰期、间冰期叠次更替的结果，其中寒冷期代表冰期，陆生植物孢粉绝迹或稀少，水生眼子菜及疑源类的百分含量增加。每两次寒冷期之间是湿暖的间冰期气候，有生活在低纬度地区喜热介形类大量出现，孢粉中眼子菜、疑源类等水生植物含量下降，陆生植物孢粉增加。

2.水体淡化与咸化交替出现

上述喜冷介形类是淡水种，与淡水种共生沉积物即淡化层。每两淡化层之间地层盐类沉积物及泥灰岩富集，所产介形类化石大都为喜盐或真盐生类型，现生种都生活在半咸水—咸水水域中。据研究，可划分出6个淡化层和6个咸化层，并与6次冷、暖交替相对应。

第四纪开始在全盆地范围内发生了一次大的湖侵（见图1—6—6），在冷湖西北部湖相地层超覆在基岩上；在格尔木东南第四系仍然超覆基岩之上，大水沟参1井、甜格里的参1井经钻探证实第四系直接与花岗岩相接触，同湖盆水体在咸水—半咸水的基础上变淡相一致。按照李四光（1964，1972年）和刘东生等（1964年）的观点，我国第四纪古气候的特征是：冰期湿冷，间冰期干热。柴达木盆地第四纪气候虽然是干旱的气候背景，但又居于高山湿冷的条件之下，寒冷期（冰期）又赋予潮湿的因素。

从柴达木盆地边远地区第四系沉积序列特征及所含介形类化石的纵向变化来看，第四系至少有两次全盆地性的大规模地湖进和湖退。根据地层、生物资料，第一次湖进时间应为Q_1^3末至Q_1^4初期，该期气候转暖，冰川消融，补给量大增，水体扩大，造成湖进，其次间冰期的干燥气候又导致湖水浓缩和退却。第二次湖进，根据大水沟地层超覆以及介形类的属种类型无刺土星介和其它喜热、喜盐介形类化石组合，可定在早更新世末，上更新世初。在第四纪地层中迄今未见典型的深水介形类，到晚更新世指示深水湖泊环境的湖陆花介集中出现，分布于察尔汗地区，说明沉降、沉积中心又东迁至该区。晚更新世以后湖陆花介消失，湖水变浅，演变为现今的面貌。

3.湖水进退频繁

从柴达木盆地边缘地区第四系沉积序列特征和所含介形类化石的纵向变化来分析，第四纪至少存在两次全盆地范围的湖进和湖退。在阿尔金山南麓的第四系主要由巨厚的山麓洪积相砾岩组成，内夹2～3层薄层灰绿色、黄绿色泥灰岩。

4.湖水一般较浅

在第四纪地层中，一般均为浅水介形类，仅在晚更新世，能指示深水湖泊环境的湖—陆湖花介于察尔汗地区集中出现，说明沉降、沉积中心已东迁至该区。晚更新世以后，湖陆花介消失，湖水变浅，演变为现今的面貌。

5.成气作用与成盐的关系

从第四系盐类分布地史来看，主要发生于间冰期和冰后期，并以冰后期为主；成气地层则沉积于湖泊淡化期—冰期，此阶段气候潮湿，在湖泊周期性的淤浅时，利于形成沼泽沉积，因而在地层剖面中多次出现可供生气的碳质泥岩、碳质页岩以及泥炭夹层。在空间上由于受供水及水体不均一性的影响，形成“泪滴式”成盐模式，如早中更新世由于供水条件、封闭条件、蒸发条件的地区差异，在古湖盆一侧的西北部地区发育着盐湖相的沉积，东南部则为正常湖相沉积。当湖水西部析出白钠镁矾时，矿化度可达 340 克／升，东部泥岩沉积矿化度仅为 20～30 克／升，相差比较悬殊，因而属于侧变型气盐系列，就生气区本身而言，则具有先主要成气，后成盐的旋回性序列关系，如三湖区（台吉乃尔—达布逊湖区）。

上述生物化石分区实际上也就是水介质盐度分区的反映：Ⅰ$_1$区湖水咸，Ⅰ$_2$区湖水较咸—较淡、Ⅱ区湖水较淡。由于古地理和古气候对湖水含盐量的影响，控制了介形类的种类和分布（见图 1-5-5）。

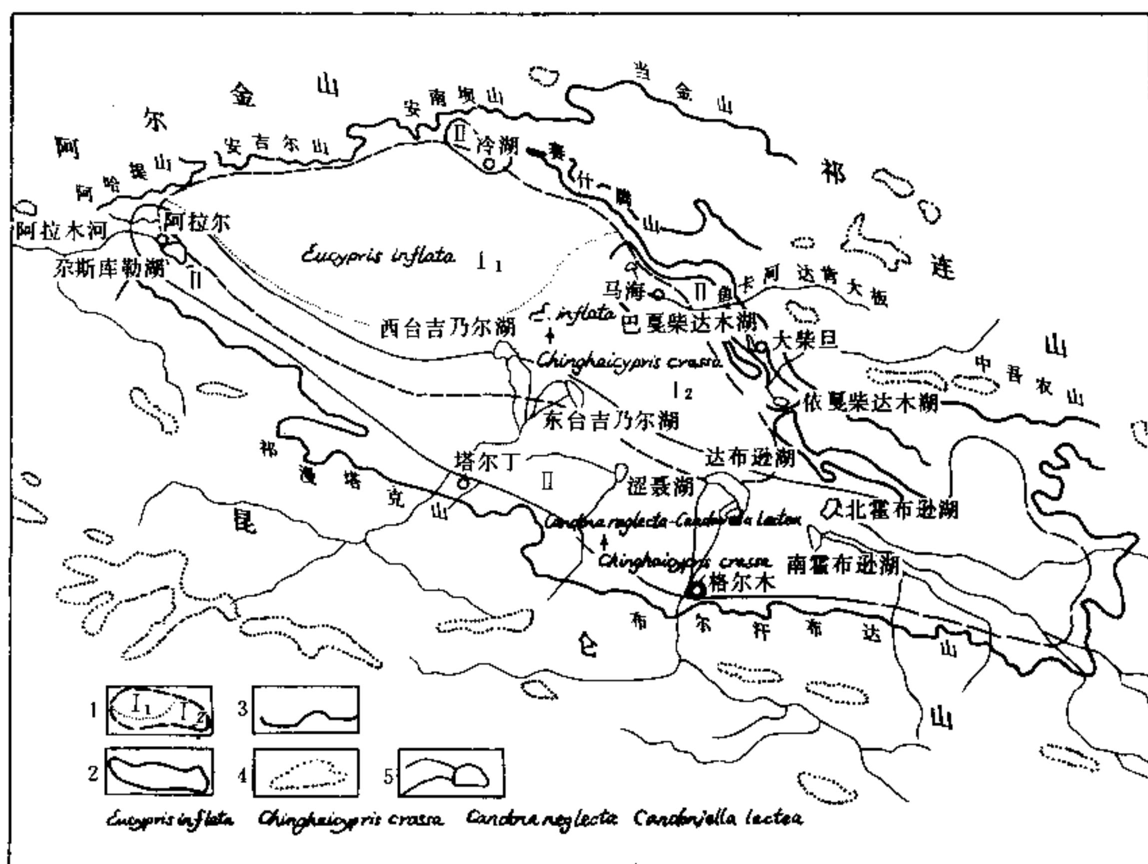


图 1-5-5 柴达木盆地第四系盐度与介形类地理分区图

Ⅰ区—分布于盆地西北部，以肥胖真星介为主要化石；Ⅰ$_1$区—分布于盆地西北部，以肥胖真星介为主要化石，地层中岩盐、石膏等化学沉积物发育；Ⅰ$_2$区—分布于Ⅰ$_1$亚区的东南，强壮青星介分布广，数量多，轮藻、腹足类化石丰富，石膏、岩盐沉积不多；Ⅱ区—分布于盆地南部，介形类组合与Ⅰ$_2$区相似，大多数剖面以强壮青星介为主，属种异常丰富，轮藻、腹足类化石也很丰富

1—分区介线；2—盆地范围；3—老山界线；4—冰川、雪山；5—湖泊

第二节 生油岩的有机质丰度和类型

经过三十多年的石油勘探和科学研究工作，对柴达木盆地中、新生代各地质时期的生油岩有机质丰度和类型取得了大量的数据。处于不同盆地形成阶段，不同地理环境的古湖泊具有不同的生油岩丰度和类型，又由于地质条件的变化，柴达木盆地的生油层呈现出丰富多彩的格局。

含油气盆地的油气分布规模及产出类型，在很大程度上取决于沉积物中的有机质丰度及其类型。因此，岩石有机质的地球化学研究对含油评价有着重要意义。

一、晚三叠世、侏罗系生油岩

1.有机质丰度

由上三叠统、下侏罗统一中侏罗统组成柴达木盆地的第一套生油层系（包括三个层段），分别由湖相、湖沼相页岩、泥岩、碳质泥岩所组成。纵向上具有煤、油间生的序列，以有机碳的高丰度为特征。据8个地区（两剖面）有机碳、氯仿沥青“A”抽提物、总烃含量分析数据：有机碳百分含量普遍在1%以上，最高达14.72%（表1-5-1）氯仿沥青“A”含量、烃含量除J_2^7较高以外，其它层位均较低。

综合各剖面有机质丰度的三项数据，与石油工业部1983年12月成都会议新拟定的分级标准相对比（表1-5-2），该套生油岩系可分为三类四个等级。

1）鱼卡、圆顶山、旺尕秀地区中侏罗统（J_2^7）属一类一等（好～较好）生油岩（层）；

2）结绿素、南八仙地区中侏罗统（J_2^7）、旺尕秀地区中侏罗统（J_2^5）属二类二等生油岩（层）；

3）冷湖地区上三叠统（T_3）、下侏罗统（J_1），大煤沟、欧南地区中侏罗统（J_2^5）属二类三等生油岩（层）；

4）鱼卡地区，大煤沟剖面中侏罗统（J_2^4、J_2^6）均未列入生油岩（层）范畴。

2.有机质类型

生油母质的类型与生油潜力是评价生油岩（层）又一重要根据。本区上三叠统一中下侏罗统的有机质类型，依据干酪根元素组成、热解色谱、氯仿沥青“A”抽提物、正烷烃以及原油的地球化学特征，结合少量的镜鉴资料分析确定的。

（1）干酪根元素　干酪根是生油岩中不溶于有机溶剂的有机物质。不同性质的干酪根，由不同的元素组成，利用C、H、O的比值关系与有关划分标准（表1-5-3、1-5-4）相比较，便可确定有机质（母质）类型。各种类型的干酪根具有以下互相区别的不同特点：

1）腐泥型干酪根具有高H低O的特点；

2）腐殖型干酪根具有低H高O的特点；

3）介于两者之间属于过渡类型。

通过柴北缘两个地区（冷湖—鱼卡区，和红山—德令哈区）各剖面和井下干酪根元素的分析结果如表1-5-5所示。

由表1-5-5中表明，柴北缘干酪根普遍具有高C低H的特点，H／C原子比除冷湖地区T_3部分大于1，结绿素、圆顶山中侏罗统J_2^7，冷湖地区石地23井下侏罗统J_1接近于1以外，其余绝大部分都在0.88以下，以冷湖深85井T_3比值最低，小于0.46，反映了陆生高等植物为主的有机质类型，与煤系地层生油岩的干酪根、煤中的干酪根H／C原子比值相

表 1-5-1 上三叠统——中下侏罗统生油岩有机质丰度表

层位/指标/地区	J_2^7			J_2^6			J_2^5			J_2^4			J_2			J_1			T_3^2			T_3^1		
	C %	A %	HC ppm	C %	A %	HC ppm	C %	A %	HC ppm	C %	A %	HC ppm	C %	A %	HC ppm	C %	A %	HC ppm	C %	A %	HC ppm	C %	AC %	HC ppm
冷湖																1.69 / 84	0.0308 / 5	144 / 4	2.1 / 37	0.0648 / 27	251 / 21	0.64 / 18	0.0224 / 16	76 / 11
潜伏 I 号													0.81 / 26	0.045 / 27	137 / 7									
结绿素	2.6 / 6	0.0669 / 5	232 / 2				1.29 / 5	0.0157 / 5	49 / 1															
圆顶山	1.86 / 2	0.1895 / 7	361 / 7	2.73 / 1			2.08 / 7	0.0123 / 5	29 / 2															
鱼卡	2.51 / 18	0.1861 / 5	422 / 3				1.03 / 4	0.0032 / 3	11 / 1	2.03 / 1	0.002 / 1													
南八仙	1.1 / 5	0.0602 / 2	278 / 2																					

同（表1-5-6），均属于腐殖型为主，混合型为次的范围。就地区和层段来看，以冷湖地区J_1生油岩（层）母质类型最好，主要为混合型，介于其上、下两相邻层段者次之，为腐泥-腐殖型和腐殖型。潜伏1号地区中侏罗统生油能力较差，主要为腐殖型。

（2）干酪根镜鉴 以上有关冷湖地区有机质类型的认识，得到冷湖三号石深3井，石地28井干酪根镜鉴结果的检验，两者的分析结果是吻合的（表1-5-7）。冷湖三号地区的T_3、冷湖四号地区深85井J_1干酪根H/C原子比特别低的原因很可能与演化程度高有关。鱼卡—结绿素地区目前仅有的由暗色纸状页岩或油页岩组成的J_2^7，H/C比值分别为0.95和0.94，可列入腐泥—腐殖型的范围。但与该套岩性所反映较深湖相的环境不符，很可能与所采地表样品长期遭受氧化有关。

表1-5-2 成都会议拟定的分级标准

级别 \ 指标	C%		A%	HC（ppm）
	淡水	咸水		
最好	>2	>1	>0.2	>1000
好	1~2	0.6~1	0.1~0.2	1000~500
较好	0.6~1	0.4~0.6	0.05~0.1	500~200
差	0.4~0.6	0.2~0.4	0.015~0.05	200~100
非生油岩	<0.4	<0.2	<0.015	<100

表1-5-3 陆相生油岩母质类型与C、H、O元素含量表（据周光甲等）

干酪根类型	H/C原子比	O/C原子比	母质类型
Ⅰ	1.1~1.6	0.06~0.16	腐泥型
Ⅱ	1.1~1.35	0.08~0.2	腐殖-腐泥型
Ⅲ	0.7~1.1	0.1~0.25	腐泥-腐殖型
Ⅳ	<0.7	0.1~0.29	腐殖型

表1-5-4 母质类型与C、H元素、无定形絮状物含量表（据李永康等）

干酪根类型	H/C原子比	无定形絮状物含量	母质类型
Ⅰ	>1.5	>80	腐泥型
Ⅱ	1.0~1.5	80~50	腐殖-腐泥型
Ⅲ	1.0~0.65	50~20	腐泥-腐殖型
Ⅳ	<0.65	<20	腐殖型

表 1-5-5　冷湖—鱼卡地区干酪根元素分析数据表

地区	井号	层位	井深 m	R_o %	重量%		原子比 H/C
					C	H	
	石地 23	J_1	928	0.62	72.44	5.85	0.97
	石地 28	J_1	488.5	0.63	70.23	4.22	0.72
	石深 1	J_1	1300	0.63	71.34	3.71	0.62
冷湖四号	深 75	T_3^2	2129	0.86	59.51	3.5	0.71
	深 85	T_3^2	3018		74.34	5.02	0.81
	深 85	T_3^2	3018		68.73	4.70	0.82
	深 85	T_3^2	3038	0.89	76.51	5.38	0.84
	深 85	T_3^1	3649	1.30	78.68	2.97	0.45
	深 85	T_3^1	4002	1.65	77.61	2.74	0.42
潜伏一号	潜深 4	J_2	2364	0.62	71.88	5.27	0.88
	潜深 4	J_2	2364	0.79	70.94	4.03	0.68
	潜深 6	J_2	2836	1.42	72.72	2.77	0.46
南八仙	仙 3	$J_2^7(?)$	3559	0.66	72.26	4.44	0.74
	仙 3	$J_2^7(?)$	3559	0.66	73.44	4.66	0.76
结绿素	地面	J_2^7		0.85(?)	65.22	5.13	0.94
圆顶山	地面	J_2^7			58.69	4.66	0.95

表 1-5-6　油页岩、煤中干酪根元素成分表

样品名称	元素组成 %					H/C (原子比)	O/C (原子比)
	C	H	S	N	O		
油页岩 (1)	72.23	9.86	0.34	1.53	16.04	1.64	1.63
油页岩 (2)	67.19	9.14	0.77	2.29	20.61	1.54	2.25
油页岩 (3)	74.44	7.40	1.00	2.47	14.69	1.12	1.98
油页岩 (4)	80.20	9.13	0.53	1.57	8.57	1.37	0.94
油页岩 (5)	59.51	8.43	4.10	1.67	26.29	1.67	3.11
烟煤 (1)	83.58	5.60	0.49	1.19	9.16	0.80	1.64
烟煤 (2)	73.09	4.58	0.41	0.91	21.01	0.70	4.58

表 1-5-7　镜质体鉴定成果表

井号	层位	鉴定结果	H／C原子比
石深3井	J_2^5	主要由壳质体组成，无定形和镜质体次之，属腐殖-腐泥型。	0.95～1.15
石地28井	J_2^6	以镜质体为主，占60%，无定形占25%，属腐泥-腐殖型	0.72

(3) 热解色谱　利用热解法直接对岩芯或岩屑进行测定，可获得确定有机质类型的许多参数，如氢指数、氧指数、残烃（S_1）裂解烃（S_2）以及二氧化碳（S_3）、水等含氧挥发物。邬立言等研究了我国22个沉积盆地1564块岩样的热解资料后，提出了以下划分有机质类型的标准（表1-5-8）。依据此划分标准，与上三叠统、中下侏罗统23块样品分析结果（表1-5-9）相比较，得出以下认识：

表 1-5-8　我国陆相沉积中有机质类型划分表

有机质类型	S_2/S_3	I_O	I_H	S_1+S_2
Ⅰ腐泥型	＞20	4～40	160～1180	6～60
Ⅱ含腐殖——腐泥型	10～20	40～70	120～920	4～37
Ⅲ腐殖-腐泥型	10～5	50～90	120～820	3～30
Ⅳ腐泥-腐殖型	5～25	50～100	100～750	2～18
Ⅴ腐殖型	＜2.5	110～1000	5～420	0.1～2.5

1）冷湖地区以T_3^2生油岩母质类型最好，腐泥型样品占总样品的三分之一，混合型样品占总样品的三分之二。下侏罗统（J_1）母质类型次之，以腐殖型为主，尚有腐泥型、腐泥-腐殖型。T_3^1生油岩母质类型最差，全为腐殖型。

2）结绿素—鱼卡地区中侏罗统J_2^7生油岩以腐泥-腐植型为主，J_2^4、J_2^5和J_2^6全部为腐殖型。

3）红山—德令哈地区尚未取得热解资料。

4）正烷烃分布特征　正烷烃分布和OEP（或CPI值），除与成熟度有关外，尚受母质的影响。通过国内外的研究，取得了利用碳数分布范围，主峰碳、ΣC_{21}前／ΣC_{22}后，C_{21+22}/C_{28+29}、正烷烃分布曲线、CPI、OEP参数的特征值确定母质类型的标准。腐泥型母质往往提供中等分子量奇数碳优势的正烷烃，以$nC_{15}nC_{17}$为主峰碳；腐殖型母质主要提供高分子量（nC_{25}—nC_{33}）的奇碳数优势的正烷烃，以nC_{27}和nC_{29}为主峰碳数；混合型母质具有双重性，在气相色谱图上以出现双峰为特征，反映了高、低等生物共同参予有机质组成的结果。利用$nC_{21}+nC_{22}/nC_{28}+nC_{29}$比值区分两者参与的比例大小；大比值表示水生生物含量较高；小比值表示高等生物含量高。

应用上述研究结果，中生界生油岩正烷烃图谱和$nC_{21}+nC_{22}/nC_{28}+nC_{29}$比值，与以上分类特征对比后，取得以下认识：

1）冷湖地区T_3^2与鱼卡地区的J_2^7生油岩母质中高等植物含量最少，属腐殖-腐泥型或混

表 1-5-9 热解色谱分类数据表

地区	井号	层位	井深 m	S_2/S_3	I_H	I_o	类型
冷湖	深 85	T_3^1	3649	0.583	15	27	Ⅲ$_2$
			3511	0.40	33	83	Ⅲ$_2$
	石地 9		994	0.78	66	85	Ⅲ$_2$
	深 85	T_3^2	3032	10.1	373	37	Ⅰ$_2$
			3019	39.95	799	20	Ⅰ$_1$
			3045	4.90	277	46	Ⅱ
	中 37		1057	27.72	1124	40	Ⅰ$_1$
	中 36		785	1.87	78	41	Ⅲ$_2$
	石深 3		727	8.88	391	44	Ⅱ
	石地 22	J_1	1143	2.77	163	59	Ⅲ$_1$
			756	0.44	45	12.1	Ⅲ$_2$
	中 14		482	2.33	419	180	Ⅲ$_1$
	石深 7		1370	24.43	582	23	Ⅰ$_1$
	石地 28		419	5.07	1021	201	Ⅱ
	中 35		553	0.60	69	114	Ⅲ$_2$
结绿素	地面	J_2^7		1.2	197	164	Ⅲ$_1$
鱼卡	地面	J_2^4		0.03	7	232	Ⅲ$_2$
		J_2^5		0.03	7	266	Ⅲ$_2$
				0.19	60	309	Ⅲ$_2$
				0.10	25	247	Ⅲ$_2$
		J_2^6		0.04	11	272	Ⅲ$_2$
		J_2^7		0.82	203	248	Ⅲ$_1$
				0.28	66	235	Ⅲ$_2$

合型。

2）鱼卡地区、结绿素地区 J_2^5 生油岩的母质中陆生高等植物含量最高，甚至全为高等植物，这与该段是沼泽相成煤相带相一致。

3）冷湖地区 J_1 生油岩母质类型具有混合型的特征。

4）冷湖地区 T_3^1 生油岩，因成熟度高，正烷烃曲线趋于圆滑，不宜用于说明有机质类

型。

以上四个方面的鉴定结果虽有一定的差异，但总的结果是比较一致的。即鱼卡地区 J_2^7 冷湖地区 T_3^2 生油岩母质类型以腐殖-腐泥型或混合型为主；结绿素、鱼卡地区 J_2^4—J_2^6 生油岩以腐殖型为主。综上所述，柴达木盆地北缘地带中生界生油岩（层），属于陆生植物占很大比重的混合型、腐殖型的生油母质，与陕甘宁盆地相应层位生油岩母质类型基本一致，是一种比较差的母质类型。

3.有机质演化特征

生油岩（层）中有机质丰度和类型是形成油气的重要基础，但它能否形成油气，还要借助时间、温度因素的作用。前者与演化程度成正比，后者与演化程度呈指数关系，因而用成熟度及其阶段的划分来说明生油岩（层），生油程度的规模以及代表性的烃类组成。

柴达木北缘地区中生界生油岩（层）受原始沉积条件的控制，加之受中生代末期构造运动的影响和埋藏条件的变化，很难连结成系统剖面进行研究，只能根据镜煤、TTI 值的资料确定有关层段目前所处的演化阶段。

(1) 由镜质体反射率确定的演化阶段，可以认为柴达木盆地北缘冷湖—鱼卡地区 $R_o<0.6\%$ 时，烃／C 比值很低，大约为 12 毫克$_{烃}$／克$_{有机碳}$；当 $R_o=1.15\%$ 左右时，烃／C 比值可达 43 毫克$_{烃}$／克$_{有机碳}$；当 $R_o>1.15\%$ 时，（或 >1.20）烃的裂解作用超过降解作用，烃／C 比值急剧下降；当 $R_o>1.3\%$ 时，大部分裂解烃转化为低分子产物或气态烃。

由上述资料可初步分出以下几个阶段：

1）成熟门限 R_o 值为 0.6%；

2）生油高峰带的 R_o 值为 1.15%；

3）过成熟带（阶段）的 R_o 值为 1.3%。

以上述特征值及其所代表各带界限为划分依据，与冷湖—鱼卡地区中生界生油岩（层）已测定 R_o 值相比较，可以认为：

1）鱼卡地区 J_2^7 生油岩接近成熟门限；

2）J_2^7 以下各层段生油岩都已进入门限范围，R_o 值均大于 0.6%，属成熟生油岩；

3）冷湖地区生油岩层位比较老，跨越的时间长，成熟度比较高，T_3^2 生油岩已接近生油高峰值，T_3^1 生油岩已达到生油高峰值成熟裂解值。

(2) 由 TTI 值确定的演化史

时温指数（TTI）是指每个地温段沉积所需要的时间 ΔT 和该温度段成熟作用速度的增大系数 r 的乘积，它是有机质成熟过程中两个决定性因素（温度、时间）的有机结合，其计算公式如下：

$\mathrm{TTI}=\Delta T\cdot r$

$r=R^n$　对于任何温度段的温度系数

故 $\mathrm{TTI}=\Delta T\cdot R^n$

对于某一给定层段的总成熟度则

$\mathrm{TTI}=\Sigma\Delta T\cdot R^n$

式中　R——温度每增加 10℃时，成熟作用的增长系数；

r——温度系数；

n——以每 10℃为单元的温度系数；

ΔT——每 10℃温度段沉积所需要的时间（百万年）。

计算参数：

地表温度为 7℃，地温梯度为 2.75℃／百米，基础温度为 90～100℃，R 采用 2，以茫崖坳陷 TTI 值与演化阶段划分为标准，与冷湖—马海、鱼卡地区 8 条地震测线上计算值为依据，提出下列中生界热演化阶段划分结果（表 1–5–10）。

表 1–5–10　冷湖—马海鱼卡地区中生界生油岩演化表

成熟阶段	指标	昆特依 Ⅰ号	冷湖 五号	潜伏 Ⅰ号	鹊东 断鼻	绿南断裂 下盘
低成熟	门限深度	2840	2900	2510	2510	2900
	门限温度	＞80	80	69	81	80
	门限时期	E_3 中期	E_3 末期	N_1 末期	N_1 中期	E_3 末期
	门限 TTI	3	3	3	3	3
成熟	埋深（m）	4250～5516	4080～4420		4260～4940	4165～5490
	地温（℃）	117～152	112～132		117～136	115～151
	地质时期	N_1 中～N_2^2 中期	N_1 中～N_2^2 末期		N_2^2 早期～N_2^3 末期	N_2^1 末～N_2^2 早期
	TTI	20～160	20～160		20～160	20～160
过成熟	埋深（m）	＞5510	＞4420		＞4940	＞5490
	地温（℃）	＞152	132		＞136	＞151
	地质时期	N_2^3 早～今	N_2^2 末～今		N_2^3 末～今	N_2^2 早～今
	TTI	＞160	＞160		＞160	＞160

通过以上两方面资料得出如下认识：冷湖—鱼卡地区上三叠统—中侏罗统所有生油岩中除冷湖 J_1 上部，鱼卡 J_2^7 处于未成熟到低成熟以外，其余各层段均已成熟，甚至个别层段已达过成熟。生油门限深度为 2510～2900 米，门限温度为 70～80℃，门限 R_o 值为 0.6%，开始成熟期为渐新世中期至中新世中期；大量生油期为中新世早期至上新世早期；从上新世中晚期已进入过成熟阶段。

大煤沟—德令哈地区，根据地面样品镜质体反射率测定结果（R_o 值为 0.46～0.65），J_2^7 尚处于未成熟至低成熟阶段；J_2^5 已进入成熟阶段，R_o 值为 0.65～0.77%，J_2^4 已跨进生油高峰阶段，R_o 值可达 1.09%（表 1–5–11）。

表 1–5–11　大煤沟—德令哈区中侏罗统 R_o 值表

地区 R_o 值层段	大煤沟	德令哈	旺尕秀
J_2^7	0.55～0.65		0.46
J_2^5	0.77	0.65	0.44
J_2^4	0.77～1.09		

二、第三系生油层系

第三系生油层系由四个层段组成，即 E_3^2、N_1、N_2^1、N_2^2，它们分布于柴达木盆地中西部尕斯断陷、茫崖坳陷、一里坪凹陷中，具有以下地球化学特征：

1.有机质丰度

岩石中的有机碳含量是反映有机质丰度的直接指标，大多数地球化学工作者都认为泥质岩生油岩有机碳下限值为0.4%左右。虽然抽提沥青和烃含量也是常用的有效指标，但由于其影响因素较多，因此在具体应用上常有不同。

对我国众多的陆相含油盆地生油岩有机质丰度的研究表明，其下限值有机碳为0.4%，氯仿沥青"A"为0.01%，烃含量为100ppm（表1-5-12）。

表1-5-12 我国陆相生油岩有机质丰度评价

	好生油岩	较好生油岩	较差生油岩	非生油岩
岩相	半—深湖相	浅—半深湖相	滨—浅湖相	河流相
岩性	灰黑色泥岩	灰色泥岩为主	灰绿色泥岩为主	红色泥岩为主
C%	>1.0	0.6~1.0	0.6~0.4	<0.4
A%	>1.0	0.05~0.1	0.01~0.05	<0.01
HC / ppm	>500	200~500	100~200	<100
HC / C	>6	2~6	1~2	<1

然而，碳酸盐岩的有机质丰度却和泥质岩大不相同。美国地球化学公司及其他许多石油公司，都认为碳酸盐岩生油岩的有机碳下限值约为0.1%，由表1-5-13可见泥质岩生油岩的有机质丰度约相当于碳酸盐岩的四倍。

表1-5-13 泥质岩和碳酸盐岩生油岩级别及其有机质丰度（C%）对比表

生油岩级别	泥质岩	碳酸盐岩
差	<0.5	<0.12
中等	0.5~1.0	0.12~0.25
好	1.0~2.0	0.25~0.50
非常好	2.0~4.0	0.50~1.00
极好	4.0~78.0	1.00~72.00

关于烃类丰度，表1-5-14列出了不同学者和几个石油公司的不同生油岩级别的烃含量。由此可见，较好生油岩的烃含量在200~500ppm，这同我国的情况相近似。但由于碳酸盐岩有机质含量较低，因此，其烃转化系数（HC/C_{org}）高于泥岩。根据格曼对60个沉积盆地200多个层系调查结果表明，泥岩中有机碳为1.65%，烃含量为300ppm，转化系数

仅为 1.8%，而碳酸盐岩中有机碳仅为 0.18%，烃为 340ppm，其转化系数为 15.1%，说明碳酸盐岩生油岩以高转化系数为特征。柴达木盆地的生油层为含碳酸盐很高的泥质岩，具有过渡性质。

表 1-5-14　不同级别生油岩的烃含量

生油岩级别	很差	差或贫	良好	好	很好	罕见
菲利派	0~50	50~150	150~500	500~1500	1500~5000	>5000
尼克松		<200	200~500	500~1000	>1000	
贝克		<50	50~1000		1000~6000	
挪威陆棚研究所		<100	100~250	250~500	>500	
美国大陆石油公司		<50	50~150	150~350	>350	

(1) 有机质丰度和分布　青海石油局研究院曾在 1984 年进行了有机质丰度的研究，提出了第三系有机质丰度值范围（表 1-5-15），并对第三系作了分层、分区的统计，认为在层位上随时代变新丰度降低，在分区上则表现出随湖泊中心转移而呈规律性变化。此外，还按岩芯样品分析资料进行了单独整理，认为虽比岩屑分析数值有所提高，但属低丰度有机质的生油岩（表 1-5-16）。根据青海局研究院提供的资料，统计了由牛鼻子梁至茫崖以西地区，包括历年钻探的 38 口井共计 1997 块样品的数据，其结果列于表 1-5-17 中，并有以下认识：

表 1-5-15　茫崖坳陷有机质丰度统计表

层位	E_3^2	N_1^1	N_1^2	N_2^1	N_2^2	备注 部分井 E_3^1
C%	0.36 (723)	0.30 (269)	0.28 (99)	0.24 (261)	0.26 (88)	0.42
A%	0.0850 (131)	0.1227 (58)	0.0760 (27)	0.0768 (87)	0.0398 (32)	0.1128
HC%	0.0414 (102)	0.0699 (45)	0.0427 (23)	0.0475 (70)	0.0279 (27)	0.0790

（表括号内为样品数）

1) 全区平均有机碳含量为 0.32%，氯仿沥青“A”为 0.084%，烃含量为 421ppm，但烃转化率高达 13%左右。（一里坪凹陷含量较低，有机碳含量 0.2~0.3%以下，沥青“A”0.013~0.015%，烃含量 52~97ppm），这种低有机碳、高含烃的分布特点，既不同于一般的泥质岩，又有别于一般碳酸盐岩，它提供了对柴达木第三纪古湖泊这种日益咸化的咸水湖沉积，在划分和评价其生油岩时，应该把它放在一般湖泊沉积与碳酸盐岩沉积之间的位置上来考虑。

2) 全区按层位统计结果，不论是有机碳含量还是氯仿沥青“A”和烃含量，最高值是 E_3^2，其次为 N_1^1，充分表明这两个层位是最值得重视的生油层位。

3) 从分区来看，第三系沉积物中的有机质丰度，南区最高，其次是中区，再次是北

区。这种分布规律，展示了茫崖坳陷第三系生油潜力，即南区优于中区，而北区相对较差。

4）分区分层位的有机质丰度分布，最佳层位是南区的 $E_3^2 \sim N_1^1$，中区的 $N_1^1 \sim N_1^2$ 和北区的 N_1^2，其次是中区的 E_3^2 和 E_3^1，北区的 N_2^1，这一分布规律恰与第三纪湖盆中心的转移相一致，说明良好生油岩的分布受沉积中心的制约关系。

表 1-5-16　茫崖坳陷岩芯的有机质丰度统计表

层位	南区			中区			北区		
	C%	A%	HC%	C%	A%	HC%	C%	A%	HC%
E_3^2	0.7 (71)	0.1198 (37)	0.0614 (17)	0.43 (30)	0.1081 (12)	0.0623 (8)	0.56 (11)	0.0520 (6)	0.0642 (3)
N_1^1	0.31 (10)	0.0144 (7)	0.0089 (4)	0.52 (56)	0.1203 (23)	0.0450 (9)	0.20 (2)	0.1573 (3)	0.0944 (3)
N_1^2	—	—	—	0.52 (46)	0.1241 (10)	0.0196 (6)	0.29 (12)	0.0568 (3)	0.0236 (2)
N_2^1	0.68 (1)	0.0411 (1)	—	0.40 (69)	0.0473 (11)	0.0291 (4)	0.47 (38)	0.01228 (15)	0.0892 (13)
N_2^2	—	—	—	0.45 (24)	0.0569 (1)	0.0265 (1)	0.39 (59)	0.0517 (21)	0.0274 (10)

表 1-5-18 是黄第藩等在研究中新采集的 28 个样品的分析结果，其有机质的分布规律与历年样品分析统计结果相一致。值得注意的是，其丰度值比岩屑资料要高，表明确实有较好的生油岩存在。

（2）生油岩的有机质丰度划分　柴达木第三纪古湖盆的沉积演化过程中，由于气候条件日趋干燥，水质逐渐咸化，从渐新世开始高含碳酸盐岩沉积，至上新世中晚期接受了巨厚的膏盐，这期间的氯离子含量从 100ppm 逐渐增至 700ppm，碳酸盐含量却大体在 30～50%。这种咸度较高的水域环境对生物的繁殖有极大的抑制作用，是造成该区沉积物中有机质含量较低的重要原因之一。但是，也正是这种环境有利于有机质埋藏保存，且对有机质转化成烃有利，因此，这种生油岩的有机质丰度划分，不能简单地应用泥质岩或碳酸盐岩的一般标准，而要根据本盆地的具体情况，确定出生油岩不同级别的丰度指标。

1）茫崖坳陷第三系生油岩的丰度指标的确定，对泥质岩和碳酸盐岩生油岩级别划分的丰度指标已列于表 1-5-12、1-5-13 及 1-5-14 中。根据碳酸盐含量对有机质丰度分布的影响，具有不同碳酸盐含量的岩石，在生油岩级别划分上应有不同的丰度值，目前已采用图 1-5-6 形式，它可确定任何含量碳酸盐岩的生油岩级别。如当碳酸盐含量为 35%时，生油岩有机碳含量下限为 0.3%；当碳酸盐含量增加至 50%时，其有机碳含量下限降低至 0.245%。考虑到本区大多数岩石碳酸盐含量的范围，生油岩有机碳含量下限值可采用 0.25%。图 1-5-6 中的点群是已收集到的分析资料，可以看出大部分岩石的碳酸盐含量是高达 30～50%，有机碳含量在 0.4～0.6%，有机质丰度值已相当于泥质岩的 0.68～1.40%，处于好或较好的生油岩级别范围。据图中 69 块样品的分布，较好生油岩占 53.6%，好生

表 1–5–17　柴达木盆地茫崖坳陷第三系有机质丰度（据历年资料统计）

层位	南区			中区			北区			全区合计			HC / C %
	C%	A%	HC ppm	C%	A%	HC ppm	C%	A%	HC ppm				
N_2^2	—	—	—	0.345 (88)	0.035 (24)	111 (12)	0.287 (167)	0.046 (35)	263 (29)	0.307 (255)	0.041 (59)	218 (41)	7.10
N_2^1	0.18 (48)	0.073 (17)	342 (10)	0.316 (80)	0.061 (26)	316 (19)	0.268 (242)	0.081 (58)	528 (47)	0.267 (370)	0.076 (101)	450 (76)	16.85
N_2 平均	0.18 (48)	0.073 (11)	342 (10)	0.332 (168)	0.048 (50)	236 (31)	0.276 (409)	0.068 (93)	427 (76)	0.283 (625)	0.062 (160)	369 (117)	13.04
N_1^2	0.235 (61)	0.065 (9)	278 (7)	0.392 (60)	0.137 (16)	471 (12)	0.327 (47)	0.064 (13)	352 (12)	0.317 (168)	0.095 (38)	381 (31)	12.02
N_1^1	0.305 (175)	0.164 (33)	797 (27)	0.394 (88)	0.096 (16)	583 (12)	0.254 (102)	0.074 (22)	465 (16)	0.312 (365)	0.121 (71)	643 (55)	20.61
N_1 平均	0.287 (236)	0.143 (42)	690 (34)	0.393 (148)	0.117 (32)	502 (24)	0.277 (149)	0.071 (35)	416 (28)	0.313 (533)	0.112 (109)	549 (86)	17.54
E_3^2	0.425 (384)	0.106 (78)	460 (56)	0.315 (195)	0.110 (37)	345 (23)	0.272 (260)	0.044 (54)	289 (40)	0.352 (839)	0.087 (169)	380 (119)	10.79
合计	0.358 (668)	0.114 (137)	506 (100)	0.343 (511)	0.086 (119)	350 (78)	0.275 (818)	0.061 (182)	386 (144)	0.320 (1997)	0.084 (438)	421 (322)	13.16

注：括号内的数字为样品数。

表 1-5-18　茫崖坳陷第三系有机质丰度（据1986年的分析）

层位	南区		中区		北区		全区	
	C%	A%	C%	A%	C%	A%	C%	A%
N_2^1	0.260 (1)	0.038 (1)			0.210 (4)	0.134 (4)	0.220 (5)	0.115 (5)
N_1	0.434 (9)	0.095 (7)	0.450 (2)	0.834 (2)	0.54 (1)	0.579 (1)	0.447 (12)	0.291 (10)
E_3^2	0.449 (17)	0.211 (14)	0.280 (5)	0.019 (5)	0.140 (6)	0.014 (6)	0.353 (28)	0.125 (25)

注：括号内的数字为样品数

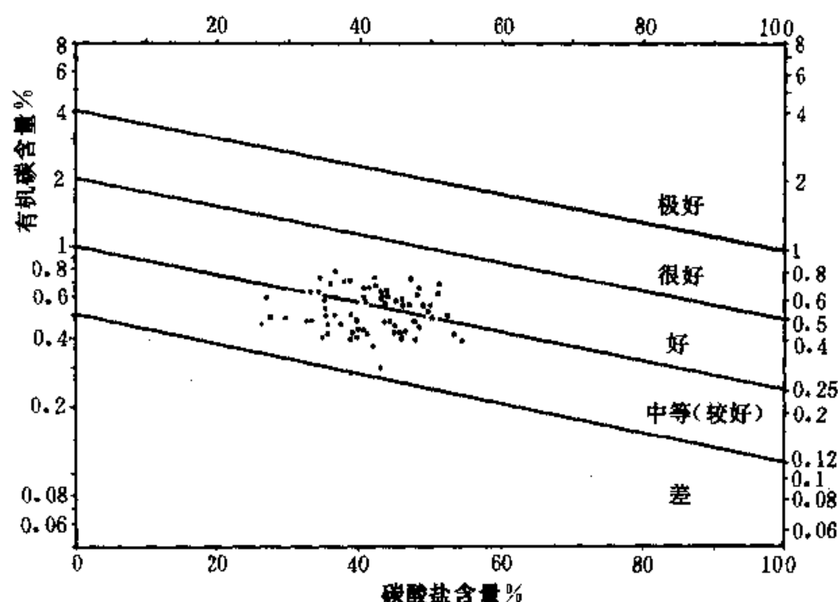


图 1-5-6　岩石中不同碳酸盐含量与有机碳含量的关系

油岩占44.9%，说明茫崖坳陷第三系有机质丰度较高。过去那种所谓低丰度的认识，只是依据泥质岩的标准得到的。

至于本区生油岩的氯仿沥青“A”和烃含量界限值，主要依据它们与有机碳含量的关系确定的，具体的划分指标：生油岩下限值，氯仿沥青“A”为0.075%，烃含量350ppm；好生油岩下限值分别为0.1%,和500ppm。

2）茫崖坳陷第三系生油岩的划分和分布

根据上述第三系岩石有机质丰度和分布，以及生油岩划分指标的研究，对本区生油岩级别的评价可概括于图1-5-7中，由图可见，茫崖坳陷好生油岩分布，包括了南区的E_3^2和N_1^1，中区的N_1^1、N_1^2和部分E_3^2，北区的N_1^2；较好生油岩包括中区的N_2^1、N_2^2和部分的E_3^2，

北区的部分 N_1^1 和 N_2^1。

2.有机质类型的镜下观察

对茫崖坳陷样品进行了干酪根镜检及电镜扫描，实际资料说明、那种认为岩石中低丰度的有机质主要为腐殖型是不全面的。茫崖坳陷干酪根中源于藻类和某些草木植物的无定形体仍相当丰富，表明其有机质类型大部分属于含腐殖的腐泥型（I_2）或混合型（Ⅱ），这为分析研究柴达木盆地存在的高成烃转化率提供了母源性质方面的资料。

下面对狮 20 井系统剖面上的干酪根，按层系分区描述如下：

(1) 狮深 20 井第三系的干酪根组成　狮深 20 井钻达 4564.56 米，并于 4136 米获高产油气流。干酪根镜下分析井段由 2340 到 4560 米。

1) 上第三系　分析井段 2340～2710 米，镜检主要为无定形，颜色较浅，成熟度低，见藻质体。扫描电镜下见藻腐泥和草本植物经生物降解的腐泥干酪根，生物结构可见。这些干酪根的 H／C 原子比略高于 1.30，岩石热解氢指数约在 400 毫克／克$_{Corg}$，属含腐殖的腐泥型（I_2）或混合型。

层位	南区	中区	北区
N_2^2		较好	
N_2^1			
N_1^2			
N_1^1		好	
E_3^2			

图 1-5-7　茫崖坳陷第三系生油岩的划分及分布

2) 下第三系　分析井段为 3020～4560 米，其中 4100 米以上有机碳含量 0.3～0.4%，岩石中无定形为主，含少量镜质体，但随井深的增加，这一特点也反映在 H／C 原子比上，大约从 1.4 随井深降低至 1.15 左右，表明陆源有机质增加的趋势，干酪根类型由含腐殖的腐泥型（I_2）逐渐过渡为混合型（Ⅱ）。应该指出，井深 3170～3320 米镜检出现了较丰富的镜质体及孢粉体，和孢子体及植物表皮残体，其 H／C 原子比仅为 0.73，属腐殖型干酪根。说明在这一千余米的井段内，以 I_2—Ⅱ型为主的干酪根类型中间夹有腐殖型。

4100 米至 4500 米的分析井段内，有机质丰度增大至 0.5%左右，镜检无定形体很少，陆源植物成分显著增加，常见孢粉体及镜质体，还见少量惰质体和无定形体。因此，从总体上来看，本段地层中的干酪根类型为混合型，H／C 原子比为 1.0～1.3 之间。但个别层段，如 4100～4250 米夹有腐殖型干酪根。

(2) 茫崖坳陷的第三系干酪根组成

1) 上第三系（N_2～N_1）　干酪根的镜下组成：中南区包括狮子沟、尕斯库勒和南乌斯地区，干酪根的 H／C 原子比为 1.1～1.4，多数小于 1.3，因此，认为该区干酪根属混合型（Ⅱ）至含腐殖的腐泥型是可靠的。在尕斯库勒地区，据跃 41 井 2318 米的镜下观察，岩样有机碳达 0.65%，H／C 原子比 1.43 热解氢指数达 729 毫克／克$_{corg}$；表明为含腐殖的腐泥型干酪根。在南乌斯南参 2 井的 1793 米，有机碳含量低为 0.26%，可以定为混合型（Ⅱ）干酪根。

北区南翼山（南 1 井，2570 米），有丰富的孢粉体和壳质体碎片及疑源类，镜质体甚

少。该样品有机碳高达0.59%，H／C原子比1.36，热解氢指数达620毫克／克$_{corg}$，也是一种含腐殖的腐泥型（I_2）干酪根。

2）下第三系下干柴沟组及路乐河组（E_3^2～E_{1+2}）干酪根的镜下组成：中南区狮子沟和尕斯库勒地区，显微镜下以无定形体和经生物降解的陆源草本植物为主。狮14井见降解的草本植物，在跃41井有较多的壳质体碎片，H／C原子比为1.2～1.6，表明它们是富氢的腐泥型（I_2）至混合型（Ⅱ）干酪根。

干柴沟和咸水泉地区则完全不同，镜质体极为丰富，含少量壳质体碎片，但在咸水泉见较多的颗粒状壳质体和少量惰质体，这些样品的H／C原子比均在0.8～1.0之间，无疑是属贫氢的腐殖型（Ⅲ）。

北区尖顶山地区的干酪根组成基本和上述中区阿尔金斜坡相似，几乎全由镜质体和少量惰质体组成，其H／C原子比不足0.8，表明其干酪根类型更具腐殖性质。

3）一里坪凹陷的干酪根组成　有机质类型同茫崖坳陷存在很大差异，烃类含量<40%，非烃加沥青质含量高，一般为55～65%，与陕甘宁上三叠统延长组接近，反映了腐殖型的特征。根据氢、碳、氧百分含量与H／C、O／C比值分析，大部为腐殖型。

3.干酪根结构性质及其类型

干酪根类型的差异直接影响着成油远景，大量资料已经证实：大中型油田形成的物质基础是具有富含Ⅰ—Ⅱ型干酪根的优质油源岩，因此，研究干酪根类型在油气资源评价中具有重要意义。

（1）干酪根的元素组成　本区第三系干酪根元素含量，碳一般占30～50%，氢3～5%，氧10～20%，反映一种相对富氢和氧的干酪根；高含氧则可能是干酪根中含有较多的、在分析中不易除净的含氧矿物。由于纯度较低，直接影响元素的原子比值，因此，有必要对其类型界限值作一定的调整。当干酪根的碳含量约低于45%时，H／C原子比值比正常值偏高0.1左右；大于70%时，却有偏小之趋势。基于这一事实，把Ⅰ／Ⅱ的H／C原子比界限值定为1.35，比过去通用数值提高0.05。青海石油局历年分析的52个干酪根的元素分析资料，编绘于图1-5-8中，由图可以得出如下认识：

1）样品的H／C原子比约为0.5～1.6，变幅较大，显示了干酪根类型的多样化。O／C原子比绝大部分保持在0.1～0.2之间，这可由图中附加的热模拟实验结果证实，即R_o在0.5～1.3%的成油阶段中，O／C原子比稳定在0.19～0.20，在这种阶段中，随H／C原子比降低，O／C原子比有回升的现象，主要是由于干酪根脱氢成油作用的结果。然而，当R_o高于1.3%时，H／C原子比由0.6下降至0.4，O／C原子比才大幅度下降至0.14，说明这些干酪根中含有较稳定的含氧基团（如醚基等），只有进入高成熟阶段后才脱离干酪根母体。

2）大多数的下第三系干酪根，H／C原子比在1.0至1.4之间，特别是南区样品尤为显著。此外还有少量样品达1.6左右，干柴沟和咸水泉地区相对较低，其H／C原子比为0.8～1.0；北区样品则更低，一般为0.6～0.9，表明下第三系干酪根的类型分布：南区主要为混合型（Ⅱ），含少量腐泥型（I_2）和含腐泥的腐殖型（$Ⅲ_1$）。西部的干柴沟和咸水泉主要为$Ⅲ_1$型，含少量Ⅱ型，北区则几乎全是腐殖型。

3）上第三系中新统样品，多数H／C原子比值在1.0～1.4区间，其余为0.8～1.0，图中分布的主要是南区样品，说明南区N_1是以混合型为主。上第三系上新统样品均为北区的，其中大多小于1.0，说明N_2地层中干酪根类型主要为$Ⅲ_1$型。

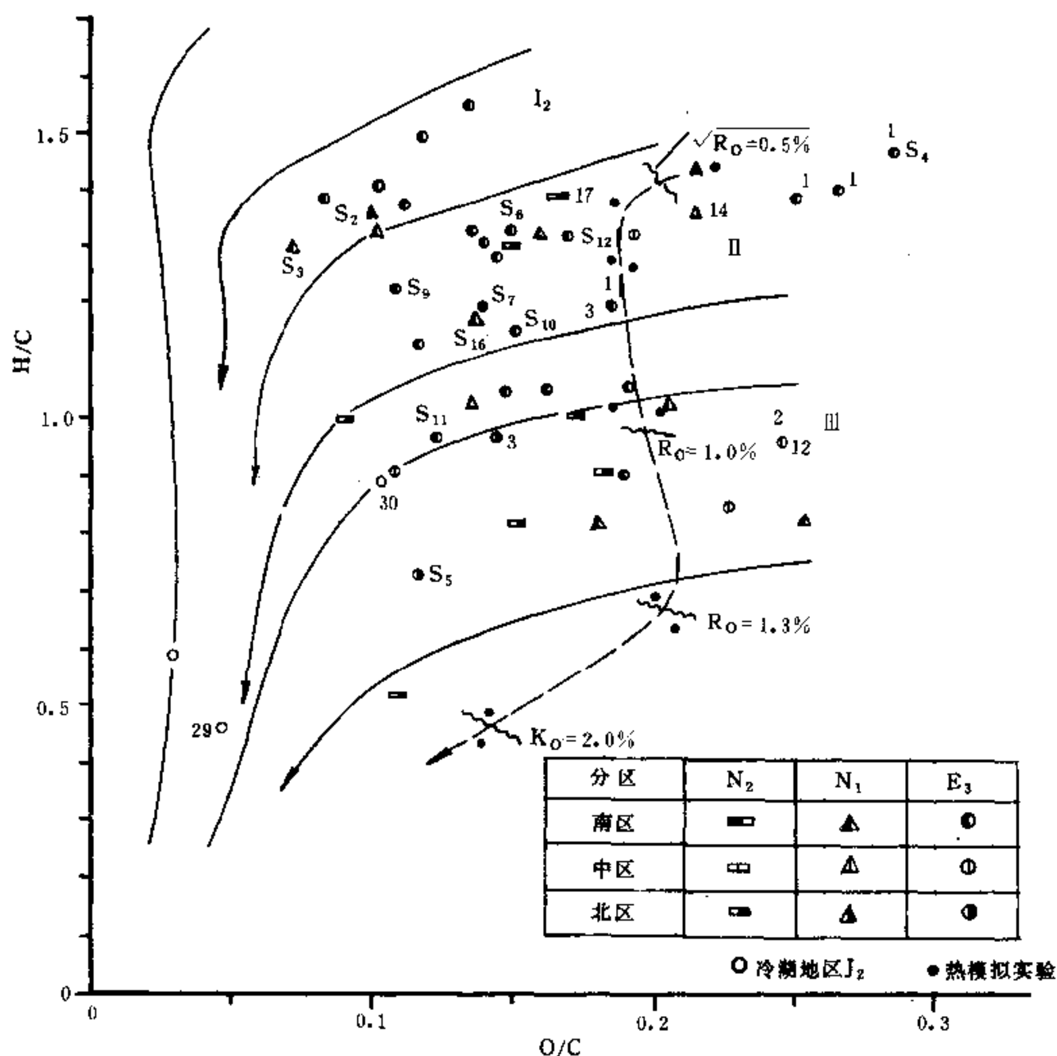


图 1-5-8 第三系干酪根的 H / C 和 O / C 原子比

为了查明干酪根类型与其碳含量的关系，编制了图 1-5-9，该图表明 Ⅰ～Ⅱ型干酪根碳含量较低，分布在 30～50%之间，而Ⅱ～Ⅲ型碳含量较高，H / C 原子比下降，即类型退变的规律。

(2) 干酪根的稳定碳同位素组成　柴达木盆地第三系干酪根的 $\delta^{13}C$ 值分布范围在 -25.74～-21.78‰之间，按过去拟定的类型划分值，均属于腐殖型，显然这和其他地球化学资料有较大矛盾。因此，认为本区的 $\delta^{13}C$ 值的分布是自成体系，同国内其他盆地不同，表现出特有的规律。

$\delta^{13}C$ 值的分布，虽在总体上仍然随 H / C 原子比降低而增加，但可分为大体上互相平行的两支。范围值-25.21～-24.11‰的样品几乎全是狮 20 井，主要层位是下第三系，含北区尖顶山 E_3^2 样品；另一支范围值是-23.88～-21.78‰，其中相对低值样品主要为上第三系，相对高值为干柴沟和咸水泉地区下第三系样品，初步认为形成 $\delta^{13}C$ 值的这种分布面貌，主要是沉积环境及生源物质输入的差异所引起的，其次才是成熟度的影响。

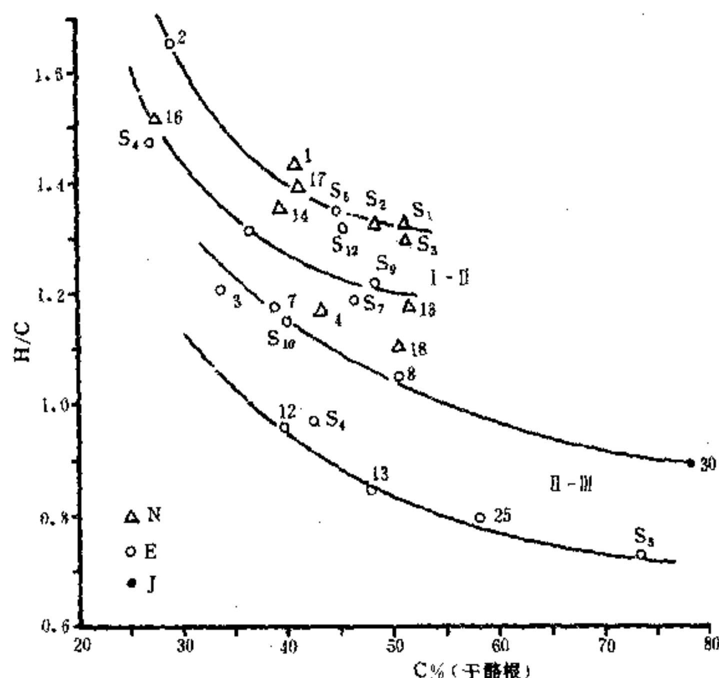


图1-5-9 干酪根的碳含量与H／C原子比关系

(3) 干酪根热解性质 干酪根热解的氢指数（I_H）与其类型有明显的相关关系。如图1-5-10所示，本区多数样品的I_H在250~600之间，相应的H／C原子比为1.0~1.4，属混合型（Ⅱ）干酪根，但北区的E_3^2干酪根I_H则小于250，H／C原子比小于1.0，属腐殖型（Ⅲ）。这些热解类型参数值（详见表1-5-19）。为了进一步了解本区干酪根类型，应用了热模拟方法研究其产烃情况。样品系用四个干酪根的混合样，其基本地球化学参数如表1-5-20，说明是一种较为典型的Ⅱ型干酪根，基本上代表了本区未成熟干酪根的面貌。热模拟实验的结果如下：

表1-5-19 茫崖坳陷第三系干酪根类型指标的对应值

类型		Ⅰ型	Ⅱ型	Ⅲ型
H／C原子比		>1.35	1.35~1.0	<1.0
红外	2920／1600	>2.00	2.0~1.0	<1.0
	1460／1600	>0.6	0.6~0.35	<0.35
热解	S_2/S_3	>15	15~2.5	<2.5
	I_H（岩样）	>600	600~250	<250
	I_H（干酪根）	>400	400~150	<150
$\delta^{13}C‰$	①	<-25.0	-25.0~-24.5	>-24.5
	②	<-23.75	-23.75~-23.0	>-23.0

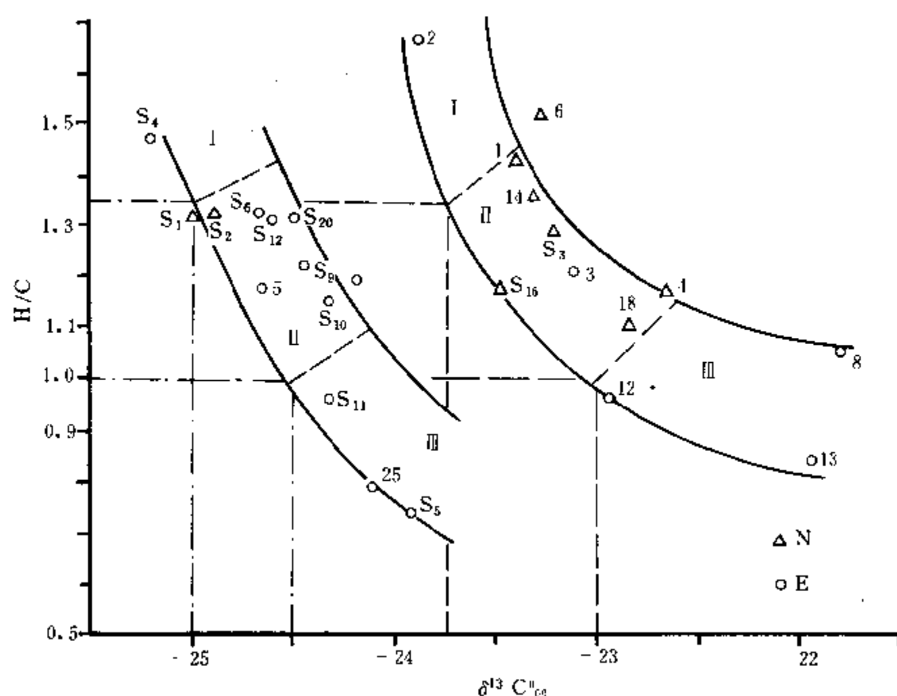


图 1–5–10　茫崖坳陷第三系干酪根类型的 $\delta^{13}C$ 值的分布和确定

表 1–5–20　热模拟实验的混合样的主要地化参数

原样品号	R_o%	H／C	O／C	S_1	S_2	I_H	I_0	I_{HC}	S_2/S_3	T_{max}	C%
1、12、17、53	0.476	1.209	0.230	7.5	153.26	362	20	17.7	18.12	428	42.34

1）产油气潜量　153.26 公斤・烃／吨・干酪根，介于Ⅰ型和Ⅲ型干酪根的产油气潜量之间。如泌阳坳陷Ⅰ型干酪根为 586，陕甘宁Ⅲ型干酪根为 74 公斤・烃／吨・干酪根。

2）降解率　30.04%，优质Ⅰ型干酪根的降解率可达 70%以上，而Ⅲ型则常小于 25%。

3）瞬时热解产烃率　模拟升温至 390℃达到最高值，为 7.9%，其累计产烃率达 61.41%，相应的 T_{max} 为 438℃，R_o 为 0.85%。

4）累积产烃率　镜质体反射率小于 0.75，约占 30%，由 R_o=0.75 增至 1.3%，占 65.94%。说明低成熟阶段以前（R_o<0.75%）的产烃量，约占总产烃量的 30%。

上述热解性质表明混合样属Ⅱ型干酪根，具有较好的油气生成能力。

一里坪凹陷（以旱 2 井为代表），热解色谱数据，具有标准的腐殖型的分类指数，在图解中均落$Ⅲ_2$区间内。旱 2 井反映了从上第三系到第四系内陆湖泊相沉积腐殖型有机质的完整的演化系列，根据有机质热演化参数综合图，确定了有机质演化的门限深度为 3300 米，温度为 126℃，层位的 N_2^2 下部，下限在 5020 米，温度 172℃，层位为 N_2^1，4000～4800 米为主成油带。

4.生油岩抽提物中饱和烃的地球化学特征

生油岩的可溶抽提物中，烃类总是占有相当的比例，而成熟的生油岩，烃类可占抽提物的绝大部分，这些烃类中绝大部分又是饱和烃。柴达木盆地第三系生油岩中，烃类占抽提物的 20～80%不等。从分析的样品情况来看，绝大多数样品中饱和烃与芳香烃之比都在 3 以上，最高可达 5.5，最低的为 1.1。这里仅就其中丰度最高的正构烷烃和链状类异戊二烯烷烃的分布特征及其地化意义加以探讨。

图 1-5-11、1-5-12、1-5-13 是柴达木盆地西部不同地区的主要生油层段（E_3^2～N_1）中不同类型饱和烃的气相色谱图。

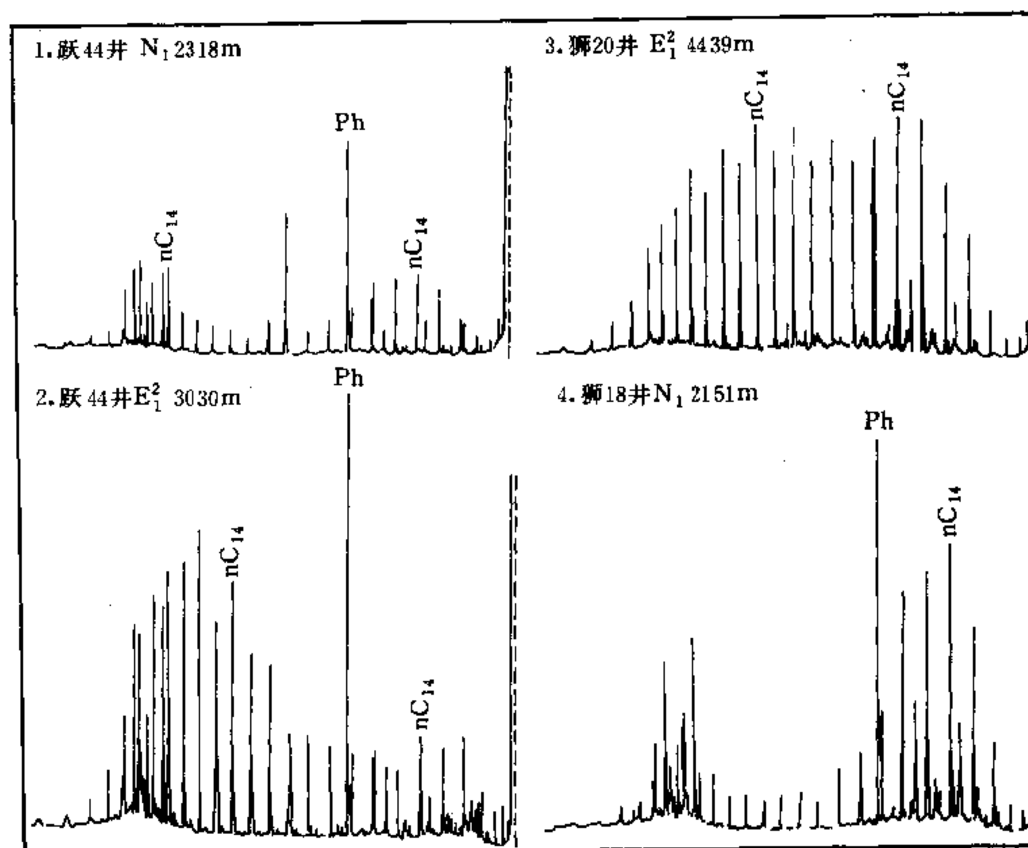


图 1-5-11 柴达木盆地西部尕斯库勒和狮子沟地区有代表性的第三系生油岩中饱和烃的气相色谱

从图 1-5-11、1-5-12 和 1-5-13 中可以看到盐湖相中正构烃分布所反映的母质类型多数样品的正构烷烃是呈双峰群分布的，两峰群的分界点大致在 nC_{20-22}，且由于前后两峰群的相对丰度不同而有所变动。以往国内外的许多学者认为，低碳素正构烃的主要生源化合物是生物蜡。这两类生源化合物中，生物蜡又主要来源于陆生高等植物，而脂肪酸和脂肪酸酯则不仅来源于低等水生生物，也来源于陆生高等植物。因此，正构烷烃 nC_{20}^-/nC_{21}^+之比在一定程度上反映了沉积有机质的生源构成，因而也与生油母质类型有关。由图 1-5-11 等的色谱分析中，可以直观地看到这种现象。与我国东部诸淡水湖盆沉积中所观测到的现象有所不同或截然相反，也与人们的一般观念截然不同，这种"反常"现象很可能与该盆地第三纪湖盆中水体的高盐度有关。

5.热演化特征

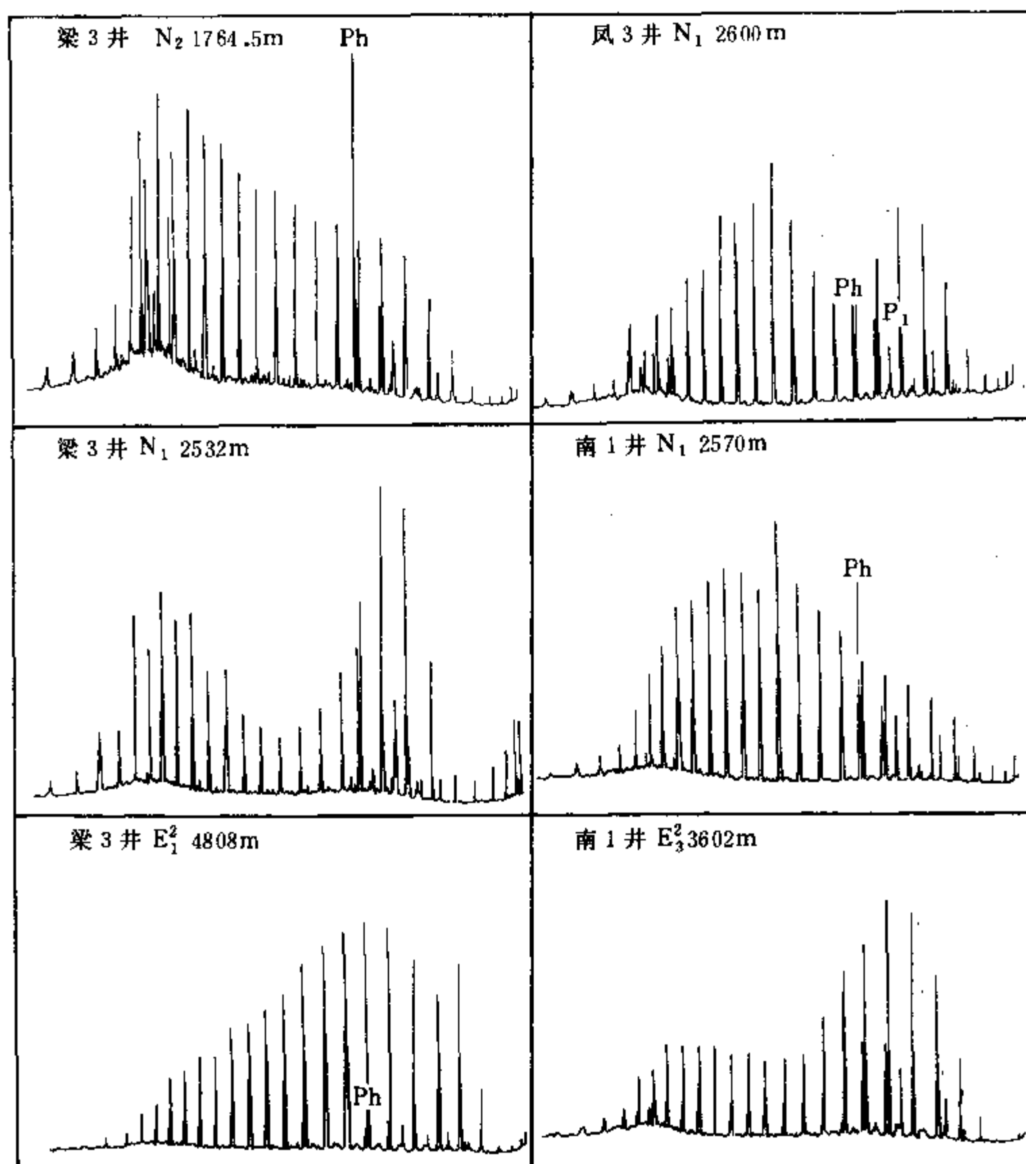


图1-5-12 柴达木盆地西部北区梁3井、南1井等不同时代生油岩中饱和烃的气相色谱

为了划分第三系生油岩演化阶段，在柴达木盆地西部地区建立了绿参1井和跃进一号综合剖面，油泉子构造油6井剖面及小梁山构造梁3井剖面，通过对这些演化剖面的研究系统地了解了第三系成熟生油岩的展布及规模状况，划分了演化阶段，从而更好地进行了定量评价。

(1) 南区（绿参1井、跃进1号剖面）

为了了解跃进地区的生油岩成熟状况，曾用7口井18块岩芯资料综合了10个点，编制了跃进地区演化剖面（表1-5-21、图1-5-14）。随后又根据绿参1井的资料（表1-5-22）进行了补充和完善。由上述资料说明，跃进地区综合剖面在2600米左右有明显的增长和变化，反映生油岩已进入成熟门限。N_1^1底部和E_3^2正处于生油高峰阶段，并且和泥岩的紧密压实阶段相一致。由绿参1井的资料所定的成熟门限深度也大于2500米，与跃进剖

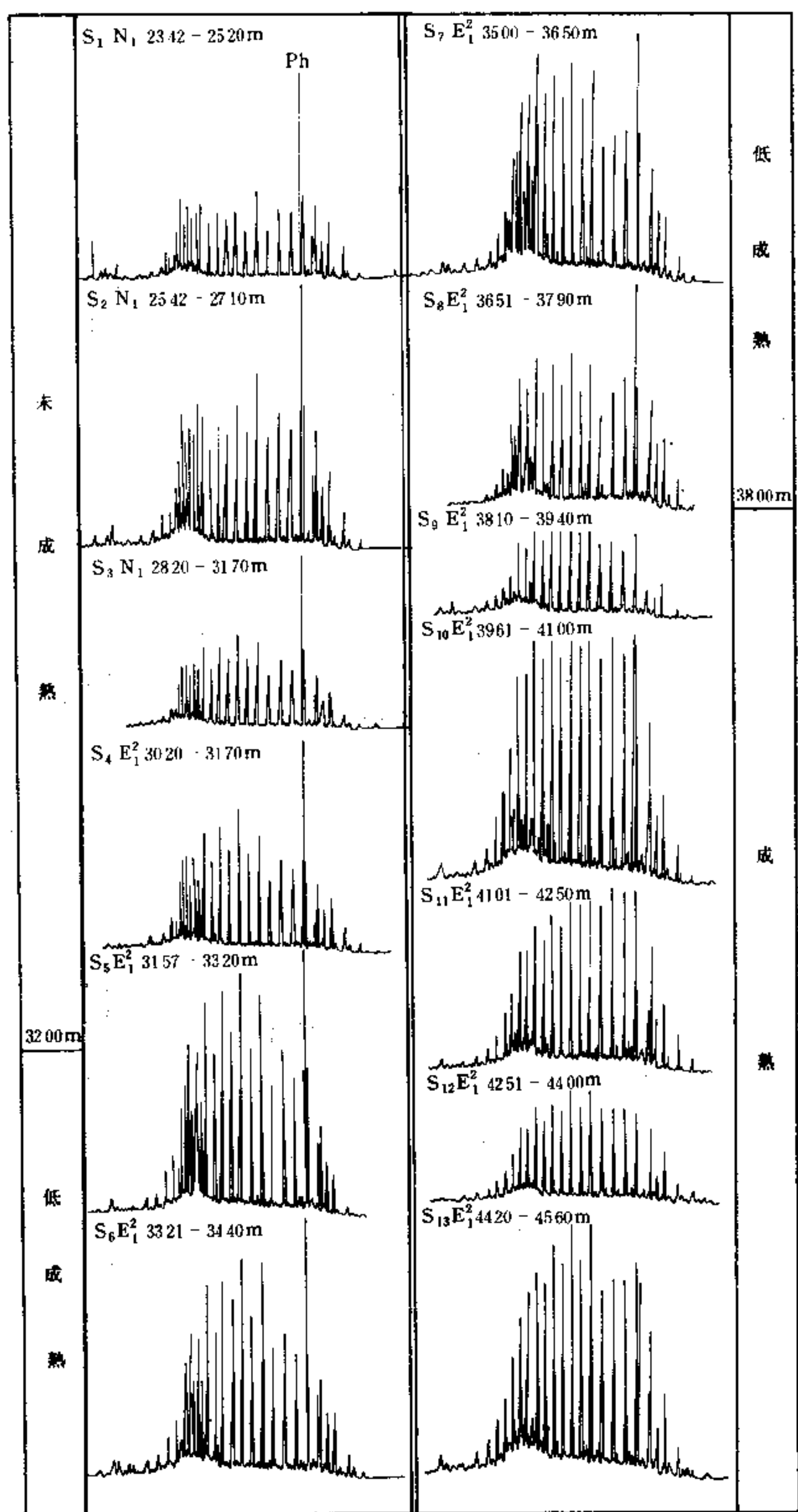


图1-5-13 柴达木盆地西部狮20井剖面生油岩中饱和烃的气相色谱

面所定的深度基本吻合，只是两者层位有别，绿参1井由于各相应层段埋藏深度普遍加深，因而门限深度处地质层位变新至 N_2^1 底部。根据跃进一号和跃东地区地温梯度，跃进、绿草滩成熟门限温度分别为93℃、99℃，这种差别正好反映了有机质演化的时温补偿效应。

表 1-5-21　跃进地区演化综合剖面数据表

井号	井深	层位	C%	A ppm	HC ppm	A／C %	HC／C %	族组分，%				饱／芳
								饱和烃	芳香烃	非烃	沥青质	
跃 42	2119.1	N_2^1		49								
跃 41	2319.8	N_1^2		650	163	—	—	14	11	73.4	1.6	1.27
跃深 3	2521	N_1^1	0.38	148	69	3.9	1.8	34.4	12.53	50.34	2.73	2.75
跃深 3	2605	N_1^1		44	13	—	—	27.03	2.83	57.95	12.19	9.55
跃参 1	2704.42	E_3^2	0.32／4	567／3	199／3	14.2／3	5.1／3	24.29／3	11.85／3	46.87／3	16.95／3	2.42／3
跃参 2	2905.37	E_3^2	0.36	765	271	21.3	7.5	22.5	12.9	47.47	13.13	1.74
跃心 1	3201	E_3^1	0.38／3	637／4	293／4	9.0／3	3.2／3	28.83／4	11.28／4	52.55／4	7.00／4	3.14／4
跃深 7	3237.5	E_3^1	0.16／5	189／3	76／3	10.5／3	4.2／3	31.50／3	12.04／3	47.53／3	8.34／3	2.93／3
跃心 1	3505.2	E_3^1		65	33	—	—	40.59	10.62	37.63	37.63	3.82

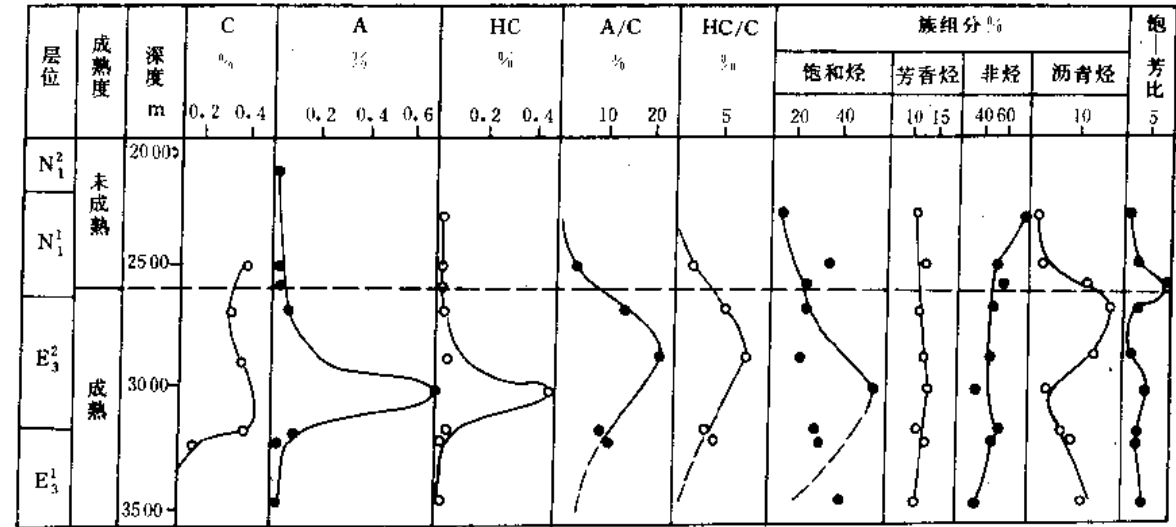


图 1-5-14　跃进地区演化综合剖面图

跃进地区镜质体反射率资料表明，成熟门限深度定在2600米左右是可信的（表1-5-23），但与美国埃克森公司、阿莫柯公司所做的分析结果相比较，在演化阶段的划分上有很大不同，他们认为 E_3^2、N_1 生油岩都是不成熟的（表1-5-24、1-5-25）。他们所做的跃心1井的岩芯分析，反映了不成熟的状况。从跃进一号的地质条件看，N_2^2 或 N_2^3 的顶部长期处于上隆剥蚀或未接受沉积，使得 E_3^2 和 N_1 的生油岩未达到成熟。当接受 N_2^3 或 Q_{1+2} 沉

表 1-5-22　绿参 1 井岩芯地球化学资料数据表

井深 m	层位	岩性	C%	"A" 氯仿沥青 ppm	HC ppm	A／C %	HC／C %	族组分%				饱／芳
								烷烃	芳香烃	非烃	沥青质	
2085.2	N_2^1	棕灰色泥岩	0.28	25	／	／	／		15.04	43.46	12.22	1.91
2283.33	N_2^1	深灰色泥岩	0.15	82	36	5.5	2.4	28.76	21.29	32.52	9.81	1.71
2518.05	N_2^1	灰色泥岩	0.26	142	82	5.1	2.9	36.38	18.88	51.16	5.06	1.32
2684.67	N_1	灰色泥岩	0.83	1563	1563	684	18.8	24.89	11.38	44.98	8.40	2.98
2919.38	N_1	钙质泥岩	0.22	104	47	4.7	2.1	33.74	14.03	51.80	2.88	2.23
2964.45	N_1	灰色泥岩	0.21	394	179	18.8	8.5	31.29				
3123.78	N_1	灰色钙质泥岩	0.88	154	62	1.75	0.7	25.92	14.23	19.75	41.10	1.82
3312.35	N_1	棕色钙质泥岩	1.06	63	22	0.6	0.2	24.56	10.53	46.49	18.42	2.33
5481.11	N_1	灰色泥岩	0.09	68	32	7.6	3.6	35.14	12.29	42.99	9.58	2.86
3689.4	N_1	灰色钙质泥岩	0。05	59	22	4.3	4.3	20.94	15.71	49.21	14.14	1.33
3884.2	E_3^2	棕褐色钙质泥岩	0.39	184	／	4.71	／	／	／	／	／	／
4130.83	E_3^2	灰色泥岩	0.27	77	48	2.85	1.78	45.52	17.03	9.49	27.96	2.67
4305.72	E_3^2	灰色钙质泥岩	0.38	58	／	1.53	／	／	／	／	／	／
4527.0	E_3^2		／	64	53.6	／	／	75.11	8.50	9.56	6.83	8.84

表 1-5-23　跃进地区镜质体反射率数据表

井号	井深	层位	R_o%	备注
跃深 3 井	2521	N_1	0.45	岩芯中测定
跃参 1 井	2450	N_1	0.60	美国阿莫柯公司分析，成熟界限 R_o=0.890
跃参 2 井	2907.2	E_3^2	0.895	干酪根中共测 8 个点
跃心 1 井	3200.18	E_3^2	0.90	岩芯中测一个点

积后，生油岩进入了门限埋深。

(2) 中区（油 6 井剖面）

油 6 井是目前中区最深的一口井，井深为 4616 米，钻达了 E_3^1，取得了系统的常规分析资料。氯仿抽提沥青随深度变化曲线（图 1-5-15），非烃在 1000 米左右明显下降，而 A／C 和 HC／C 在 1000 米左右都出现增长趋势，最明显的变化是在 1800 米左右，最大值在 2250 米左右。由图中可以看出 1000～1800 米 A／C 都>10%，HC／C 都>6%，和一般剖面比较，缺少渐进的低值阶段，有幅度不大的增长，因此划分为低成熟阶段；1800～3200 可作为成熟阶段的主成油带；3400 米以下可作高成熟阶段。作为上门限其恢复埋深为 3022～3108.77 米，地温 120

~105℃。高成熟的界限恢复埋深大于5400米，地温大于180℃。

表1-5-24 跃心1井3217.4~3224.1米（E_3^1g）深褐带黄色页岩分析表

有机碳	1.2%	族组分		
氯仿沥青"A"（二氯甲烷和甲醇抽提）	2411ppm		饱和烃	10.7%
岩石中烃含量	613ppm		芳香烃	14.8%
烃／有机碳	5%		非　烃	29.8%
色　谱	奇偶优势明显		自然硫	8.3%
干酪根	藻质体70%、无定型30%		沥　青	36.5%
TAI（Staplin法）	"1"淡黄色		饱／芳	0.72
热解评价	不成熟的潜在的好生油岩			

表1-5-25 跃心1井3217.4~3224.1米热解分析数据

有机碳	1.22%	热解出的重量	70.4mg
岩石一气指数	16.2%	岩石一烃指数	109.6
评价	好的生油岩	使用Chromalyfics MP-3热解层析法	

2）热解色谱分析，油6井分析89块，具有随埋深增大而增大的规律，但是直到1800米以下T_{max}才大于435℃，按Ⅲ型干酪根考虑，用T_{max}≥432℃作成熟门限埋深为1350米，比1000米深了350米左右。

1982年又系统做了67块样品，峰温普遍偏低，特别是往深部越明显，有的甚至低于进样时的预热温度（300℃），从而给门限值的确定带来了困难。分析深层T_{max}偏低的原因，可能是深层已不存在可裂解的干酪根，至少E_3^2下部（3400米以下），可能不存在有生油潜力的生油岩，因此，T_{max}反映的不是干酪根的热解温度，而是残留重质沥青（包括运移的）的热解温度。

中国科学院兰州地质研究所在进行柴达木盆地生油量计算时，对油6井用三种不同类型干酪根进行了数学模拟。其中Ⅲ型干酪根较为符合这一地区的有机质类型分布，而Ⅲ型模拟结果是以恢复埋深3021米做为上门限值的，地温103℃，这和1000米的门限值恢复埋深3108.77~3022.27米，地温105~102℃，符合是很好的。这一门限相当于N_2^2和N_2^1的分界，其地面K_0标准层——疙瘩状泥灰岩晶洞中含有原生烃，曾用来作为成熟门限的旁证。

(3) 北区（梁三井剖面）

北区大于4000米的井有6口，大于5000米的有4口：风2、梁3、碱1、碱2。但由于碱山向东倾没伸入一里坪凹陷，沉积特征如碱2井完全类似于一里坪凹陷。

1）梁3井位于小梁山凹陷南侧，井深5205.1米，钻入$E_3^2$1218.6米未穿。为进行演化研究，从1850~5200米共分段取芯13次，建立了一个比较系统的岩芯演化剖面进行氯仿抽提沥青分析，做47块族组分分析及部分烷烃色谱分析。除色谱外，还编了岩芯氯仿抽提物随深度变化图、表（表1-5-26、1-5-27）。在1700米左右A／C、HC／C都趋于明显增大，到2300米时都达到最大值，增大2.5倍以上。2300米以下又开始下降，到3000米以下

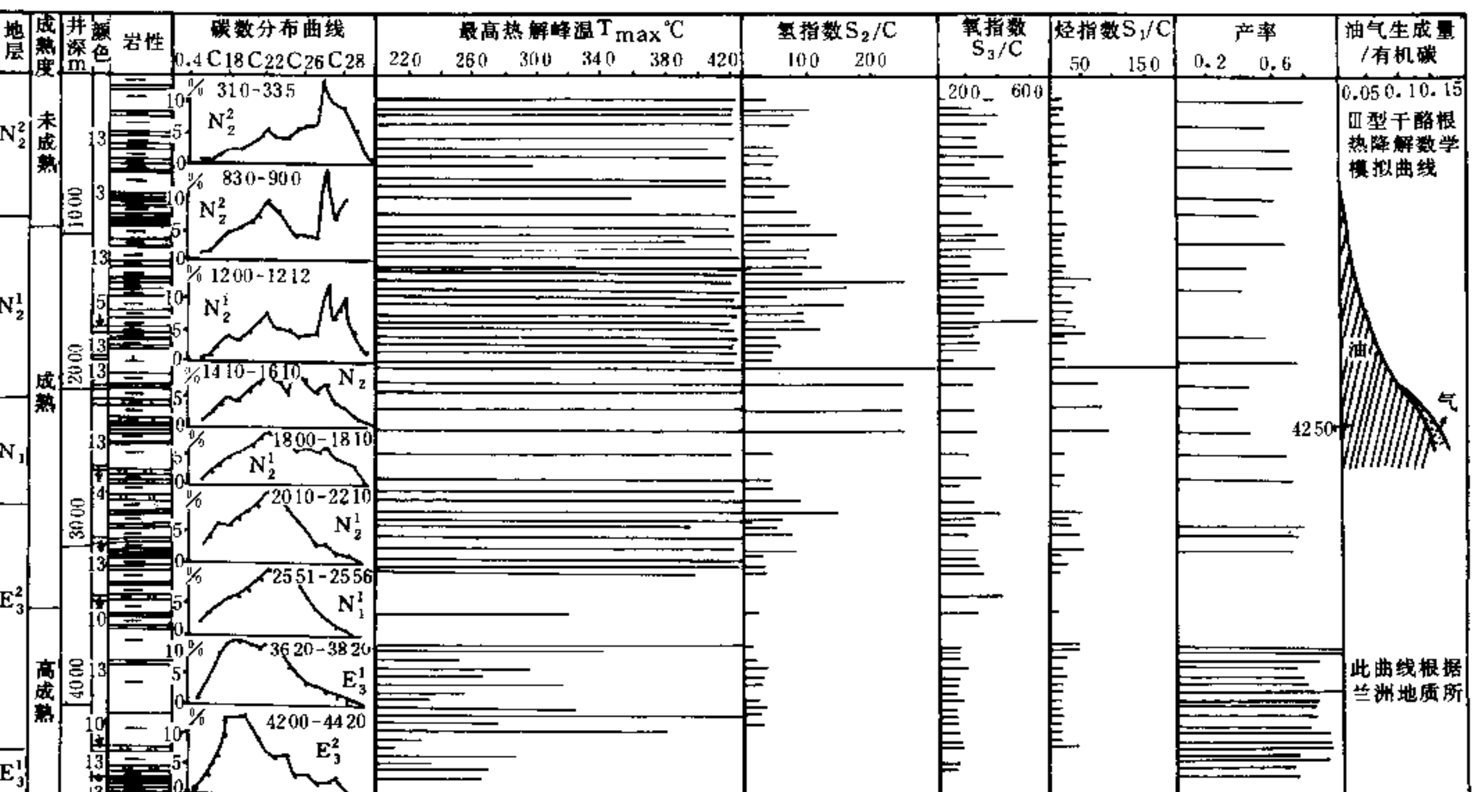


图1-5-15　氯仿抽提沥青随深度变化曲线

保持相对稳定的趋势。在1700米左右非烃的明显降低，因此可考虑将1700米左右作为成熟的上门限。

表 1-5-26　梁3井岩芯氯仿抽提物数据表

井深 m	层位	A %	C %	A／C	烷烃 %	芳香烃 %	非烃 %	沥青 %	总烃 ppm	饱／芳	总烃／C
1582.86～1586.96	N_2^2	0.0075			13.6	7.2	52.8	20.8	11	1.89	
1764.48～1769.97 距顶 361cm	N_2^2	0.04615	0.32	0.145	42.795	9.74	33.445	6.515	297	4.235	0.093
1927.8～1932.72	N_2^2	0.04675			18.585	11.69	59.125	6.115	143	1.87	
2152～2157.29	N_2^1	0.0023									
2349～2354.3 距顶 260cm	N_2^1	0.03915	0.7	0.056	50.555	15.315	24.895	5.73	255.5	3.35	0.0365
2532～2537.1	N_2^1	0.00375	0.32	0.068	21.79	12.81	25.64	43.59	14	1.7	0.004
2729～2734.4	N_2^1	0.031			22.295	12.195	50.855	10.5	109.5	4.33	
2949.1～2954.2	N_2^1	0.1809	0.47	0.385	53.895	11.49	25.085	6.675	1163.5	4.7	0.2475
3377.3～3381.13	N_1^2	0.0569	0.465	0.117	29.335	15.425	38.73	14.54	231	1.955	0.04965
3839.22～3842.42 距顶 164cm	N_1^1	0.1573	0.28	0.562	39.67	13.935	39.375	3.025	1166.5	2.885	0.4165
4456.1～4456.33	E_3^2	0.0114			19.25	55.66	63.01	12.08	29	3.4	
4808.64～4808.97	E_3^2	0.0073			38.17	15.59	41.04	5.2	39	2.45	
5107.7～5108.32	E_3^2	0.0035									

表 1-5-27　梁3井饱和烃气相色谱分析数据

序　号	井深 m	层　位	姥／植	主峰碳	碳数范围	OEP
1	1582.86～1586.96	N_2^2	0.12	C_{19}　C_{27}	C_{17}～C_{27}	—
2	1754.48～1759.97	N_2^2	0.13	C_{25}	C_{16}～C_{31}	1.06
3	1927.80～1933.72	N_2^2	0.14	C_{22}　C_{28}	C_{16}～C_{30}	0.95
4	2349～2354.3	N_2^1	0.29	C_{19}　C_{26}	C_{16}～C_{30}	0.98
5	2532～2537.1	N_2^1	0.13	C_{23}	C_{17}～C_{26}	1.09
6	2729～2734.4	N_2^1	0.16	C_{25}	C_{16}～C_{30}	1.69
7	2949～2954.2	N_2^1	0.37	$C_{27}=C_{28}$	C_{17}～C_{30}	1.04
8	3377.3～3381.13	N_1	0.45	C_{23}	C_{16}～C_{30}	1.13
9	3839.22～3842.42	N_1	0.28	C_{22}	C_{16}～C_{30}	0.74

2) 热解色谱分析　从梁3井热解综合参数（图1-5-16）看出：1745米以上为标准腐殖型，I_0 高达800毫克 CO_2／克$_{cor}$ 以上，I_{HC} 高出 I_H 一倍左右，1745～1900米，有机质类型有所改善，I_0 降低，I_H 增长，但并未引起 I_{HC} 的增长，产率指数 I_P 仍然是下降型的，反映仍然是不熟型的。1900～3200米，有机质类型基本一致，1950m以下 I_P 也开始上升，表明进入了成熟阶段，因而将上门限定在1950米左右。3500米以下 S_2／S_3，下降到0.4～0.5

左右，可能表示又一类型的成熟状况。

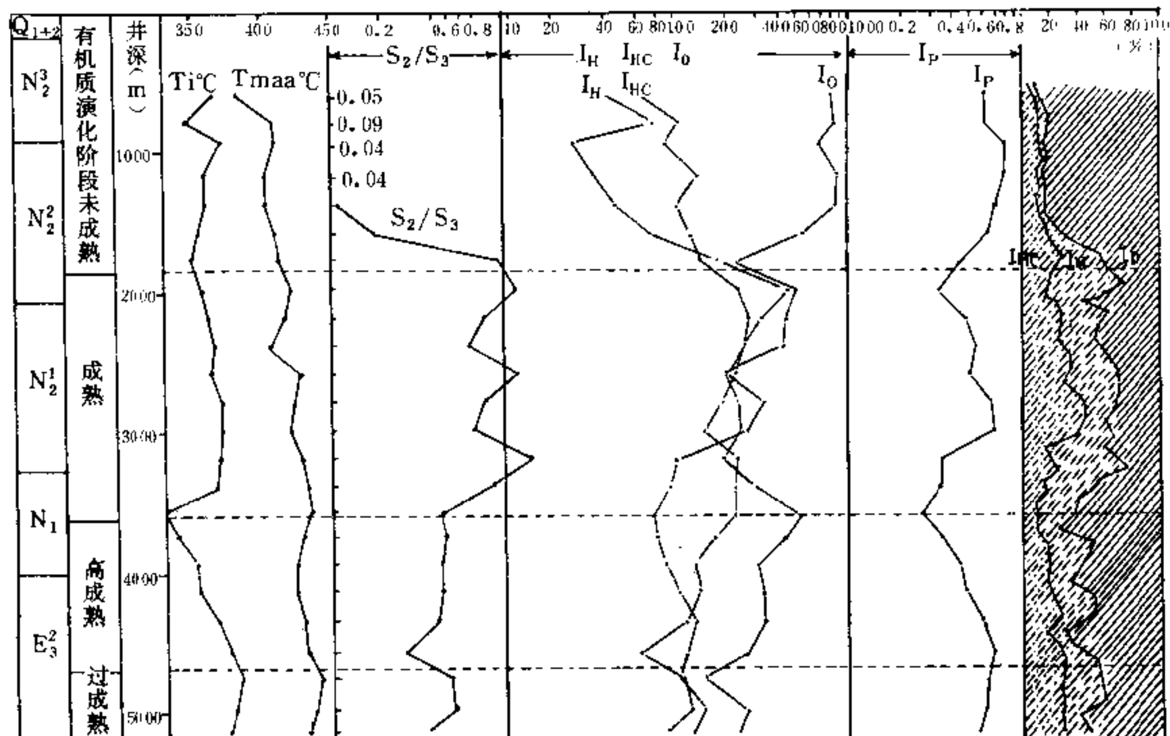


图 1-5-16　梁 3 井热解综合参数

把样品按 200 米一块平均值以及岩芯和一些单块样品，绘到图中也得到上述类似的结论，并且看出在井深 4650 米以下已有部分进入了过成熟生气区范围。根据点群的实际分布和 T_i、T_{max} 的突变、跳跃，可将过成熟界限划分在 4700 米，地温约为 200℃左右。

3）干酪根顺磁分析　做了 14 块样品的顺磁共振分析，对上门限的划分仍不易确定，深层变化较为明显，其突变可能相当于过成熟门限，其最大值深度在 4800m 左右，和热解确定的过成熟门限 4700 米较为一致。

4）镜质体反射率　西安煤研所协助测定了梁 3 井 1840 米处的褐煤的镜质体反射率，其值为 0.527%，略大于 0.5%，因此上门限可划在 1800 米左右处。

综合各方面的资料，北区梁 3 井生油岩成熟门限定在 1850±100m，看来是合适的，层位在 N_2^2 底部。恢复埋深为 2460 米根据周围地温梯度（4℃／100m），确定地温 105℃±4℃，过成熟门限暂定在 4700 米左右，地温大于 200℃。

（4）两个数学方法对生油岩成熟门限划分进行讨论

1）TTI（Time Temperature Index）值的运用和成熟范围的划分，曾对柴达木盆地 16 个剖面进行了研究，确定了区别于洛帕廷划分成熟度的标准（表 1-5-28）。

由于沉积速率和地温场的差异，各区的成熟状况亦存在差异。当 TTI＝3 时，对应的恢复埋深（原始沉积状态下的埋深）和温度分别为 2330～3220 米，78～120℃，即是这种差异的反映（表 1-5-29）。

根据 16 个剖面的 TTI 计算结果汇编的不同层位的成熟范围图，从中可以看出现今整个 E_3^2 的生油范围都在成熟范围内，成熟生油岩面积达到 5616.4 平方公里，有些已进入过成熟

阶段，N_1^1 到 N_2^2 成熟范围不断缩小，成熟度也越来越低，N_2^2 生油层的低成熟面积只有1382.4平方公里。

表 1-5-28　TTI 划分成熟度的标准

成熟阶段	成熟门限		生油高峰		成熟下限	
	TTI	*Ro%*	TTI	*Ro%*	TTI	*Ro%*
洛帕廷	15	0.65	75	1	160	1.3
方法组	3	0.5	20	0.7	160	1.3

表 1-5-29　主要剖面成熟门限深度表

井　号	生油层时代	地温梯度	门限深度 m		门限温度 ℃
			目前井深 m	恢复深度 m	
梁 3	N_2^1	0.04（查图）	1990	2600	114
咸 7	N_1^2	0.0391	847	2233	98
尖 5	E_3^2	0.0394	2272.5	2570	78
风 2	N_2^1	0.0326	2180	3020	100
风 3	N_2^2	0.0367	2820	2820	112
油 6	N_2^1	0.032	1111.23	3220	110
南 1	N_2^2	0.0386	939.32	2760	120

2）干酪根热降解数学模拟对生油岩成熟门限的划分

a.如前所述，中国科学院兰州地质研究所利用蒂索的三种不同类型的干酪根活化能和频率因子数据以及茫崖坳陷的地温和平均沉积速率等资料，对茫崖坳陷的生油岩进行了数学模拟，其成熟度划分的标准见表 1-5-30。

表 1-5-30

演化阶段	产油率	干酪根降解率	备　注
生油门限（低成熟）	≥0.01g／g_{Cor}	II 1.5%± III 3.2%±	<0.01g／g_{Cor} 为未成熟阶段
成熟	0.04g／g_{Cor}	II 6.0% III 13%	
过熟（完全生气阶段）	<0.001g／g_{Cor}	II 45%±	没有进行 III 类干酪根模拟

由附表看出茫崖坳陷各区生油层成熟门限深度（指恢复埋深）差别很大，E_3^2～N_1 南区为 2170～2510m，79～90℃，目前正处在成油阶段。在中、北区为 1920～3140m，80～

97℃，而且除尕斯地区和尖顶山地区，基本都处于成气阶段。N_1^1在小梁山、南翼山及油泉子、大风山之间都处于完全成气阶段。

N_2^1目前处于成油阶段，小梁山、南翼山、尖顶山等地，生油门限在2375～2620m，温度100～107℃，其它地区在2760～3440m，温度99～108℃，N_2^2仅在茫崖，开特米里克、盐滩等处具有生油能力。

b.模拟结果表明，它们和地球化学分析具有某种一致性，其间差别可能主要是由于埋深的恢复引起的。由于构造运动的影响，后期基本都抬升受到剥蚀，现在恢复一般都利用翼部剖面厚度累加至轴部，一些多次受构造运动影响的构造，恢复就更加困难。

c.由于选用50千卡作为断键成气的活化能，因而过早地划分了成气阶段。成气阶段活化能按梁狄刚等研究成果由50千卡改为80千卡；利用砂岩1泥岩比值及其不同的压实系数进行原始沉积厚度的恢复；采用TTI＝3为成熟门限，并以此阶段之后的累计降解量作为生油量进行了原始生油的估算。

修改和计算后的结果与原计算结果有以下不同：即N_2^2在小梁山、南翼山、油泉子等构造均已进入成熟门限；成熟门限温度都偏低；所做11个剖面，一般最大降解率为33.46%（狮深15井均没有进入成熟阶段）。

以上情况说明，在进行热演化研究时，应对各种方法进行综合分析，以得出比较符合实际的结论，目前所采用各种方法之间的有些矛盾，需要进一步加深研究解决。

三、第三套生气层系

1.有机质丰度

三湖新坳陷区在早、中更新世的稳定沉降背景下沉积了一套深灰、灰色及浅灰色为主浅湖与滨湖沼泽相泥质岩、砂质泥岩及少量薄层碳质泥页岩、棕灰红色泥岩和砂质岩。包括晚更新统、全新统在内，在涩聂湖一带最大厚度可达3200米。据涩中6井、深1井岩芯分析，暗色泥质岩百分含量为52.5～84%。

由于第四系属陆相快速沉积，因而有机碳含量一般较低，其中以碳质泥、页岩含量最高，灰色、深灰色泥质岩含量次之，棕灰色泥质岩最低。由表1-5-31可知有机碳含量一般为0.14～11.18%，氯仿沥青“A”含量为0.109～0.3244%，烃含量为52～558ppm。总的来看除碳质泥、页岩外，有机碳含量明显地低于西部地区第三系生油岩。

表1-5-31　各类生气岩有机质丰度表

地区	沉积柱与岩性	有机碳%氯仿沥青“A”%?	烃含量HC ppm
三湖地区	碳质泥、页岩	11.18（20）　0.3244（20）	558
	灰、深灰色泥质岩	0.24（44）　0.0133（41）	52
	浅灰色泥质岩	0.28（17）　0.0120（27）	68

2.有机质类型

（1）氯仿沥青“A”元素分类　三湖新坳陷区第四系生气岩有较高的H／C比和O+N+S／C值，前者与盆地西部第三系生油岩比值相当，仅次于原油；后者高于原油、生

油岩和煤层。这一特点既反映了生气岩氯仿抽提物的富氢性质，又包含了富含氧、氮初始演化有机质所具有的特征，为了更进一步说明这个问题，又据现代生物及其演化物的元素组成资料编成了第四系生气岩可溶有机物的原始母质推断图，图中表明柴达木盆地东部第四系生气岩氯仿沥青有机物分布于油酸脂肪向油母转化之间，从而证明它和油酸脂肪性质相似，是它的衍生物。但由于生气岩处于初始衍化阶段，故仍然保持着原生物体中类脂化合物的性质，不同于纤维素、木质素及其演化物。

两类生气岩（碳质泥、页岩生气岩，泥质岩生气岩）均以胶质为主，含量 50～60%。其中碳质泥页岩沥青质含量既大于饱和烃又大于芳香烃，约等于两者的总含量；泥质岩生油岩的族组成情况恰恰与碳质泥页岩生气岩相反，并以沥青质含量显著变少，总烃含量明显增加为特征（十倍于沥青质）。以上这种差异源于两类生气岩的原始有机物质：一类为沼泽沉积的并组成碳质泥、页岩的陆生有机物质，主要由植物的树脂、植物蜡、脂肪等比较稳定的物质组成，在埋藏过程中向泥炭化方向演化；另一类是浅湖相沉积，由暗灰色泥质岩中有机质组成。含螺蚌和陆生植物化石，孢粉鉴定还含有丰富的水生植物。

值得提出的是第四系生气岩中的沥青质不是中性沥青质而是沥青质酸，两者主要区别是中性沥青不溶于石油醚和乙醇；沥青质酸溶于石油醚和乙醇。对于能溶于乙醇的侏罗系生油岩中的沥青质，第四系生油岩中的沥青质，煤中沥青质，可用溶解能力进一步区分沥青酸含量与沥青性质；全为沥青质者易溶；以沥青质为主者能溶；以中性沥青为主微含沥青酸者微溶。沥青质酸含量多少与陆生高等植物参与有机质组成的比例有关。

(2) 热解色谱分类　利用油气源岩对涩中 6 井、涩深 1 井取芯剖面上第四系 48 块生气样品进行了热解分析（表 1-5-32）取得了划分类型的有关峰值和类型指数。

(3) 干酪根类型　涩深 1 井 1485.82～1490.10 米井段碳质泥岩干酪根经镜下鉴定以惰质体（47.79）、镜质体（31.5%）为主，含少量的角质体（17%）及少量无定形（3.8%），属腐殖型干酪根。其元素分析结果：碳为 62.34%；氢为 4.56%；氧为 15.22%；H／C 原子比为 0.88，O／C 原子比为 0.18，属于以陆源生物为主的含腐泥腐殖型的干酪根。青海石油局化验室所做干酪根元素分析，其特征值表明成气母质均为含腐泥-腐殖型（$Ⅲ_1$），表 1-5-33。

通过以上三种分析资料，对第四系生气岩有机质组成与类型的划分取得了一个多种资料相互验证的认识，其结果是可信的。

3.热演化特征

第四系生气岩是一套年轻的沉积，成岩性差，岩芯出筒后呈松软土块状，常见保持原生生物特征的植物叶片，碳质泥岩中碳质条痕为浅褐～褐色，比泥炭条痕浅，近似于泥炭化开始阶段的特点。

据芳香烃红外光谱资料，第四系生气岩的芳香烃红外光谱的羰基（COOH）1700cm^{-1} 吸收峰突出；氧桥（—O—）1030 和 1180cm^{-1} 比较明显；证明芳香烃馏分中有较多的芳香性含氧化合物存在。

从柴达木盆地东部第四系温度—深度关系曲线可知，埋深 1600～1700 米生气岩，正在经历的地温不会超过 79℃，因而第四系生气岩的下限，也尚未进入旱 2 井所确定成熟门限的临界值——门限深度 3300 米，门限温度 126℃。根据时温补偿关系，第四系生油岩出现干酪根热解产物还应比第三系上新统临界值加大……从而说明第四系天然气的成因，不是热降解气，而属于未成熟阶段形成生物化学气——即最初甲烷气。由涩中 6 井、涩深 1 井泥质

表 1–5–32　第四系生气岩热解色谱综合数据表

岩性	井深 m	样品数	有机碳	S_1	S_2	S_3	最高热解峰温 T_{max}℃	烃指数	氮指数	氧指数	类型指数	有机质类型
泥质岩	229	1	0.13	0.11	0.02	0	380	85	15	330	0.04	Ⅲ$_2$
泥质岩	229	1	0.27	0.33	0.43	0.64	381	122	159	237	0.67	Ⅲ$_1$
泥质岩	384～958	23	0.15	0.09	0.07	1.15	317	61	48	939	0.05	Ⅲ$_2$
泥质岩	1006～1104	4	0.16	0.09	0.24	1.29	306	72	223	1195	0.18	Ⅲ$_2$
泥质岩	1135～1247.42	5	0.17	0.11	0.06	0.68	332	112	45	662	0.09	Ⅲ$_2$
碳质泥岩	1247～1252	1	1.42	0.11	0.45	1.96	411	8	32	138	0.22	Ⅲ$_2$
泥质岩	1252	1	0.65	0.10	0.87	2.13	429	15	134	328	0.41	Ⅲ
碳质泥岩	1286.14～1292	1	1.83	0.35	4.77	2.65	424	19	261	145	1.80	Ⅲ$_2$
泥质岩	1313～1359.58	2	0.28	0.12	0.25	1.13	394	52	79	342	0.26	Ⅲ$_2$
泥质岩	1423	1	0.39	0.17	0.25	0.56	413	44	64	143	0.44	Ⅲ$_1$
碳质泥岩	1463.10～1466.10	1	10.57	3.01	34.42	6.92	408	28	326	655	4.07	Ⅱ
泥质岩	1463～1472	2	0.68	0.09	0.59	2.02	428	0.17	89	381	0.27	Ⅲ$_2$
碳质泥岩	1482.81～1485.82	1	1.47	0.14	3.67	2.97	434	10	250	202	1.23	Ⅲ$_2$
碳质泥岩	1524.85～1533.64	1	4.22	1.00	18.27	5.94	421	24	433	141	3.07	Ⅱ
泥质岩	1535～1595	3	0.22	0.09	0.16	2.02	433	41	75	974	0.08	Ⅲ$_2$
煤	大煤沟	1	39.31	2.24	102.81	12.36	425	6	262	31	8.31	Ⅱ－Ⅰ$_2$

表 1–5–33　第四系生气岩干酪根元素统计表

样品号（岩性）	碳	氢	氧	H／C	O／C	干酪根类型	
						名称	代号
浅灰色泥岩	47.132	3.386	15.92	0.86	0.25	含腐泥腐殖型	Ⅲ$_1$
浅灰色泥岩	49.46	4.320	17.62	1.05	0.27	含腐泥腐殖型	Ⅲ
灰色泥岩	36.977	2.923	15.31	0.95	0.31	含腐泥腐殖型	Ⅲ
褐灰色碳质泥岩	37.749	3.087	15.24	0.98	0.30	含腐泥腐殖型	Ⅲ
碳质泥岩	46.80	3.99	17.56	1.023	0.281	含腐泥腐殖型	Ⅲ
碳质泥岩	52.86	4.66	18.30	1.058	0.262	含腐泥腐殖型	Ⅲ
碳质页岩	62.34	4.56	15.22	0.88	0.18	含腐泥腐殖型	Ⅲ
褐灰色碳质页岩	54.87	4.85	20.70	1.061	0.283	含腐泥腐殖型	Ⅲ

岩有机碳、氯仿沥青"A"及转化率（A／C、HC／C）平均数据表（表1-5-34）。可看出氯仿沥青"A"含量，转化率的大小不是随埋深而增加，而是随埋深而变小。从另一个角度看有机物质还未进入热演化阶段，有关特征值受生物化学环境的支配，与埋深无关。另外有机质结构特征随埋深也无明显变化，具有比较强的原生母系结构特征。

表1-5-34 涩中6井、涩深1井（C%、"A"、A／C、HC／C）平均数据表

井深 m	有机碳		氯仿沥青"A"		A／C%		H／C%	
	平均值	样品数	平均值	样品数	平均值	样品数	平均值	样品数
394.12～434.5	0.16	5	0.0113	5	7.5	5	1.4	2
434.5～565	0.20	7	0.0175	12	11.0	7	5.1	6
565～726	0.17	5	0.0102	6	6.8	5	2.0	3
726～855	0.21	8	0.0082	11	5.4	8	2.6	6
855～955.5	0.16	4	0.0107	5	7.9	4	3.8	2
955.5～1081	0.15	5	0.0087	6	8.1	5	4.1	4
1081～1209	0.18	8	0.0091	10	8.6	8	2.6	5
1209～1279.5	0.35	4	0.0080	5	3.5	4	1.8	1
1279.5～1339	0.16	3	0.0071	3	4.6	3	2.1	2
1339～1459	0.27	6	0.0089	7	4.2	6	1.5	3
1459～1553.5	0.38	5	0.0135	7	3.5	6	10	1
1553.5～1652.5	0.20	2	0.0087	2	4.3	2	2.0	2

第三节 原油性质及油气运移

一、原油的基本性质

现将石油化工科学研究院和青海石油管理局有关柴达木原油的分析资料汇编在表1-5-35、1-5-36、1-5-37中。

由上列各表中可以看出，第三系原油的性质显然不同于侏罗系原油（包括侏罗系油源油）。

侏罗系原油，除低成熟的鱼中1井原油比重较大外，其余油样均由于成熟度较高，油质较轻、比重较小，变化在0.8027～0.8417之间。第三系原油，除少数几个埋藏深度较浅的较轻质的凝析油和原油（比重0.7711～0.8200）外，大部分原油比重较为正常，变化在0.8299～0.8677，处于陆相原油常见的比重范围之中。但是，在第三系原油中明显存在着一部分成熟度低或遭受过轻度生物降解的较重质的原油（02、017、027、028、030、034号）；比重变化在0.8727～0.8903。在第三系较轻质的原油和凝析油中，有一部分是未成熟

的，如（03、016 号），很可能它们的产生与盐湖相沉积环境中有机质的保存条件好，岩石的可溶烃含量高，因压实而排出并直接成矿有关。

柴达木盆地第三系原油大多是低成熟的。表 1–5–35 中所列的原油族组成和正、异构烷烃等有关资料，也表明第三系原油一般成熟度不高，并且具有形成于盐湖相沉积环境的典型特征。第三系原油具偶奇优势，CPI 值<1；具植烷优势，Pr／Ph 大多<0.6；含硫量较高，大多变化在 0.10～0.87 之间；而芳香烃含量较低，在不同温度区间的馏分中芳香烃含量为 7.5～17.4（表 1–5–36），这与表 1–5–37 中所列结构族组成的数据 C_A（芳碳）仅 6.2～7.4%，R_A（芳环数）仅占 0.14～0.30 是一致的。第三系原油的这些特点，均表现它们的油源岩是在一定盐度的水体中形成的。同时原油的含硫量有狮子沟和油砂山>花土沟>尕斯库勒的现象，表征着相应油源层沉积时，湖盆边缘的水体盐度低于盐湖沉积中心水域。第三系原油中 P_h／nC_{18} 的值较高，为 0.4～6.7，大多高于 1；非烃+沥青质的含量也较高；而 310℃以前的原油总收率较低，多数小于 30%。这些特点也显示了目前所发现的第三系原油一般成熟度不高的特点。

表 1–5–35　柴达木原油一般性质表

油　区	比重 20℃	粘度 50℃	凝点 ℃	含蜡量 %	含硫量 %	310℃总收率 %	200～350℃馏分族组成			Ni／V ppm	原油类型
							饱和烃	芳香烃	非烃+沥青质		
冷湖四号油田	0.8427	5.0	18	12.8	0.05	48			4.4		
冷湖五号油田	0.8042	1.5	9	8.4	0.02	70.4	80.2	19.8	1.9		低硫中间
尕斯库勒油田	0.8388	10.8	35	25.3	0.27	32.7	90.8	9.2	7.4	6.6／0.16	低硫石蜡
油砂山	0.8443	8.4	18	18.9	0.79	33.5	69.9	20.9	8.3		含硫石蜡中间
花土沟	0.8390	7.2	20	17.2	0.48		69.9		12.5		

侏罗系原油则不然，许多性质与第三系相反。除鱼中 1 井原油外，它们具有奇偶优势，CPI 在 1.1 左右；具植烷优势，P_r／P_h 在 3.0 左右；含硫量低，仅 0.02～0.04；芳香烃含量较高，为 14.4～32.4%；而非烃+沥青质的含量较低；nC_{23}^-／nC_{24}^+和 310℃以前的馏分较高。这些特点表明，侏罗系原油的生油岩是湖沼相沉积环境中形成的，且成熟度较高。

我们将柴达木盆地原油中与异构烷烃有关参数绘制在图 1–5–17 中，展示了柴达木盆地第三系原油和侏罗系原油及其各自的源岩在沉积环境、母质来源和成熟程度上的差别。

柴达木盆地的原油也具有陆相原油的共同特征，即含蜡量高，含镍量高，V／Ni 比低的特点，第三系原油的含蜡量高，埋藏较浅的原油较低，为 10～14%。这至少是部分原油受到了生物降解作用的影响。表 1–5–36 所列数据中，第三系原油的含蜡量为 17.2～25.3%，应该是较为有代表性的。在原油的类型上，第三系原油属低硫石蜡级或含硫石蜡中间基原油。

侏罗系原油的含蜡量相对低一些，为 8.4～18.8，属于低硫中间基原油。

总之，柴达木盆地侏罗系原油和第三系原油，不仅各有其特点，而且各自也存在着某些反映形成环境或成熟度差别的性质。

二、三种不同成熟度的原油

表 1-5-36　柴达木原油一般性质表

油井／油田	深度 m	产层时代	比重 20℃	粘度 50℃	凝点 ℃	含蜡量 %	含硫量 %	310℃ 总收率	族组成			CPI／OEP	$C_{23}-/C_{24}$	异构烷烃			Ni
									饱和烃	芳香烃	非烃+沥青质			Pr/nC_{17}	Ph/nC_{18}	Pr／Ph	
红参 2	2552～2569.2	E_3^1	0.8574	8.9	41		0.16	17.8	71.0	12.6	16.4	0.90／1.08	1.90	0.52	1.18	0.47	6.8
跃地 1	1366.4～1368	N_1	0.8780	33.2	33		0.30		60.6	19.3	0	1.03／1.15	1.80	0.53	1.03	0.52	13.4
跃参 1	2254～2447.2	N_1	0.8155	7.1	3		0.03		83.0	2.7	14.2		83.7	0.91	2.49	0.35	6.8
跃深 7	3300.5～3322.7	E_3^1	0.8394	10.0	34	21.5	0.12		73.8	13.1	13.1	0.94／1.09	1.6	0.48	1.03	0.48	21.0
跃中 10	1658.4～1661.0	N_2^1	0.8673	18.8	27		0.12		65.3	15.1	19.7	0.95／1.12	1.6	0.97	2.55	0.4	40.6
狮中 4	1186.6～1187.8	N_1	0.8614	11.2	2		0.16	30	71.3	18.3	10.4	／1.01	3.4	1.26	3.83	0.37	
花 2-3-1	424.1～678.6	N_2^1	0.8464	9.7	16.5		0.19	30.5	75.1	13.2	11.8	0.85／1.03	2.8	0.66	1.71	0.38	71.3
砂中 20	658～858.6	N_1	0.8495	10.2	23	14.0	0.25	28.8	64.4	14.3	21.3	0.94／1.03	2.6	0.65	1.62	0.42	42.4
柴深 1	2331.5～2381.6	E_3^2	0.8299	5.2	27		0.06	40.0	77.5	12.5	10.0	0.88／1.10	2.3	0.65	1.60	0.42	17.6
油浅 152	0～530.4	N_2^2	0.8200	7.1	18	17.5	0.07	47.0	82.1	9.3	8.6	0.93／0.97	5.4	0.61	1.10	0.56	18.2
开浅 67	3.3～137.8	N_2^2	0.7711	1.8	5	10.4	0.02	19.2	88.9	3.7	7.5	／1.02	6.3	0.36	0.40	1.00	3.0
冷湖 3 号		J_2^6	0.8297	5.1	3	17.2	0.03	42	71.3	15.0	13.6	1.11／1.13	3.4	0.34	0.12	3.1	
冷湖 4 号		E_3^2	0.8327	6.1	10	18.8	0.04	53.0	82.3	11.3	6.3	／1.25	6.9	0.33	0.11	3.0	
冷湖 5 号		N_1	0.8031	2.2	-6	8.4	0.02	70.0	86.0	6.0	8.0	1.08／1.06	5.1	0.26	0.11	2.87	
狮深 6	2828～3191	$N_1 \sim E_3$	0.8903	22.6	26		0.87	20.4	50.5	15.5	33.9	0.98／1.55	1.8	0.66	2.41	0.28	107.6
七深 17	1918.4～1926.0	E_3	0.8533	16.9	33		0.40	24	65.3	16.7	18.0	0.91／1.03	1.7	0.61	1.80	0.34	87.9
红沟子中 6	63.6～212.2	N_1	0.8157	3.9	15		0.05	43.2	79.1	10.1	10.8	0.99／0.97	2.5	0.65	1.11	0.60	7.9
大风山参 1	1210	N_1	0.8567	11.8	27		0.03	15.0	76.1	10.6	13.4	0.99／1.08	3.4	0.47	0.54	0.82	

表 1-5-37　原油 200～500℃每 50℃馏分的结构族组成

	沸点范围，℃	200～250	250～300	300～350	350～400	400～450	450～500
冷湖五号	占原油，%	10.2	12.8	10.9			
	密度（g／cm³），20℃	0.8139	0.8300	0.8360			
	平均分子量	162	180	232			
	结构族组成：Cp%	58.3	57.3	66.0			
	CN%	25.5	23.1	18.6			
	CA%	16.2	19.6	15.4			
	RT	0.85	0.97	0.99			
	RN	0.53	0.55	0.56			
	RA	0.32	0.42	0.43			
尕斯库勒	占原油，%	8.0	7.7	10.9	9.4	9.2	9.8
	密度（g／cm³），20℃	0.7922	0.8036	0.8146	0.8321	0.8523	0.8631
	平均分子量	177	219	256	293	355	397
	结构族组成：Cp%	73.7	80.1	83.1	75.5	69.0	68.3
	CN%	20.0	13.3	9.5	18.3	24.0	25.0
	CA%	6.3	6.6	7.4	6.2	7.0	6.7
	RT	0.59	0.55	0.55	0.92	1.41	1.75
	RN	0.45	0.37	0.33	0.71	1.13	1.45
	RA	0.14	0.18	0.22	0.21	0.28	0.30

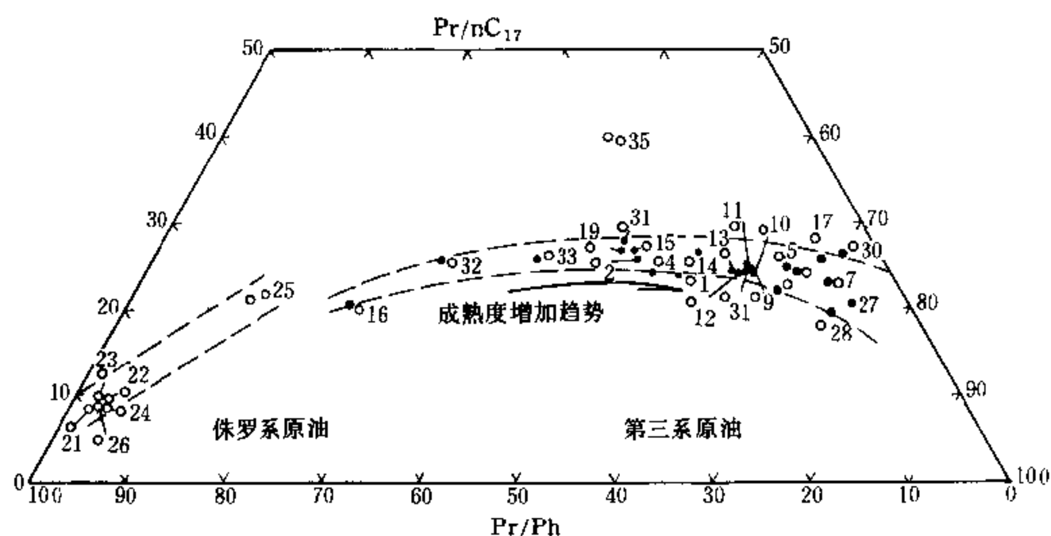


图 1-5-17　柴达木盆地原油中 P_r / P_h、P_h / nC_{18} 和 P_r / nC_{17} 的三角图

柴达木盆地的原油样品包括三种不同成熟程度的原油，代表着生油岩成烃演化中不同阶段的产物，这是在勘探上一个值得重视的现象。

(1) 未成熟油　这包括开特米里克的凝析油（比重为 0.7711）和跃参 1 井的轻质油（比重为 0.8155），饱和烃含量分别高达 83%、88.9%。这是一种形成于有机质演化的成岩阶段，储藏于上新统和中新统地层中的未成熟石油。因此，如图 1-5-18 所示，原油中保持着生物原始构型的生物标记化合物的优势为特征，异构化程度很低。

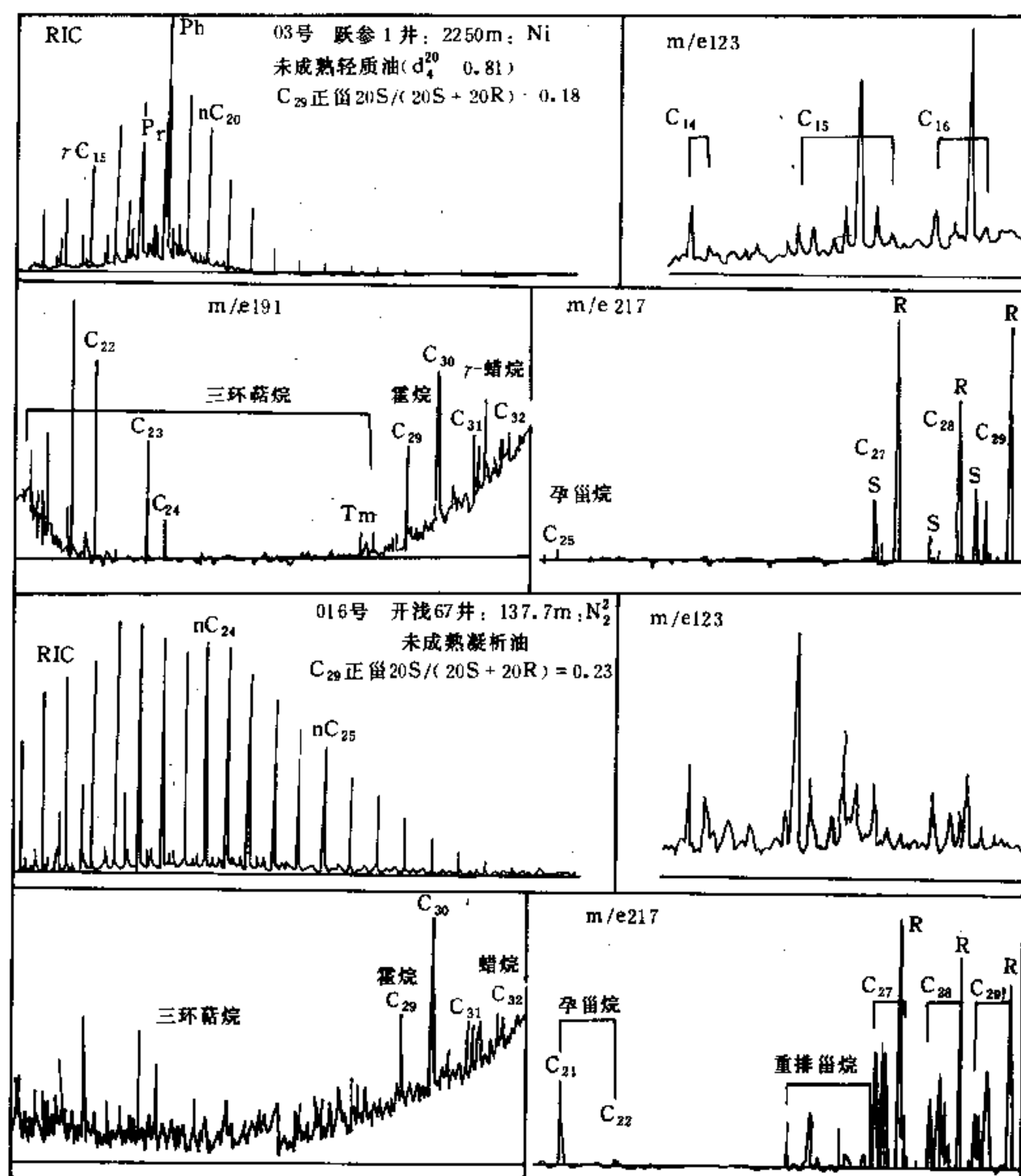


图 1-5-18　柴达木盆地上第三系未成熟原油的质量色谱图

原油的熟化系列和未熟石油在我国东部许多第三系含油气盆地均有发现，突破了干酪根成烃学说的局限性对人们的思想束缚。应该指出，绝大部分石油是从干酪根热降解作用中形成的，但也有一些石油是从可溶有机质在较低温度下经生物化学作用和低温热降解作用直接

转化而来。在我国至今所发现的未成熟石油和未成熟凝析油则是以湖生和陆源类树脂为母质而形成的石蜡基和石蜡—中间基石油。未成熟石油的源岩镜质体反射率为 0.4%～0.6%，并以较重质油居多。柴达木盆地未成熟轻质油的发现，可能是盐湖相的一个特征，因为在这种条件下，有机质保存条件好，利于贫 O、N、S 杂原子成分的轻质油的产生。

(2) 低成熟油　目前柴达木盆地所发现的油田，大多数属于低成熟石油，分布于 3000～4000 米埋深的中新统地层中。它们的异构化参数值为 0.3～0.4，环式异构化值为 0.25～0.42，处于低成熟演化阶段之中，如图 1-5-19 所示。这些原油的比重在 0.8297～0.8780 之间，310℃前馏分总收率为 18～32%。饱和烃 65～72%，芳香烃为 15～25.5%，非烃+沥青质含量 10～20%，显示着低成熟特点。这种低成熟石油约相当镜质体反射率 0.6～0.8%这一阶段产物，相对富含树脂降解产物，也是一种低成熟的标志（图 1-5-20）。

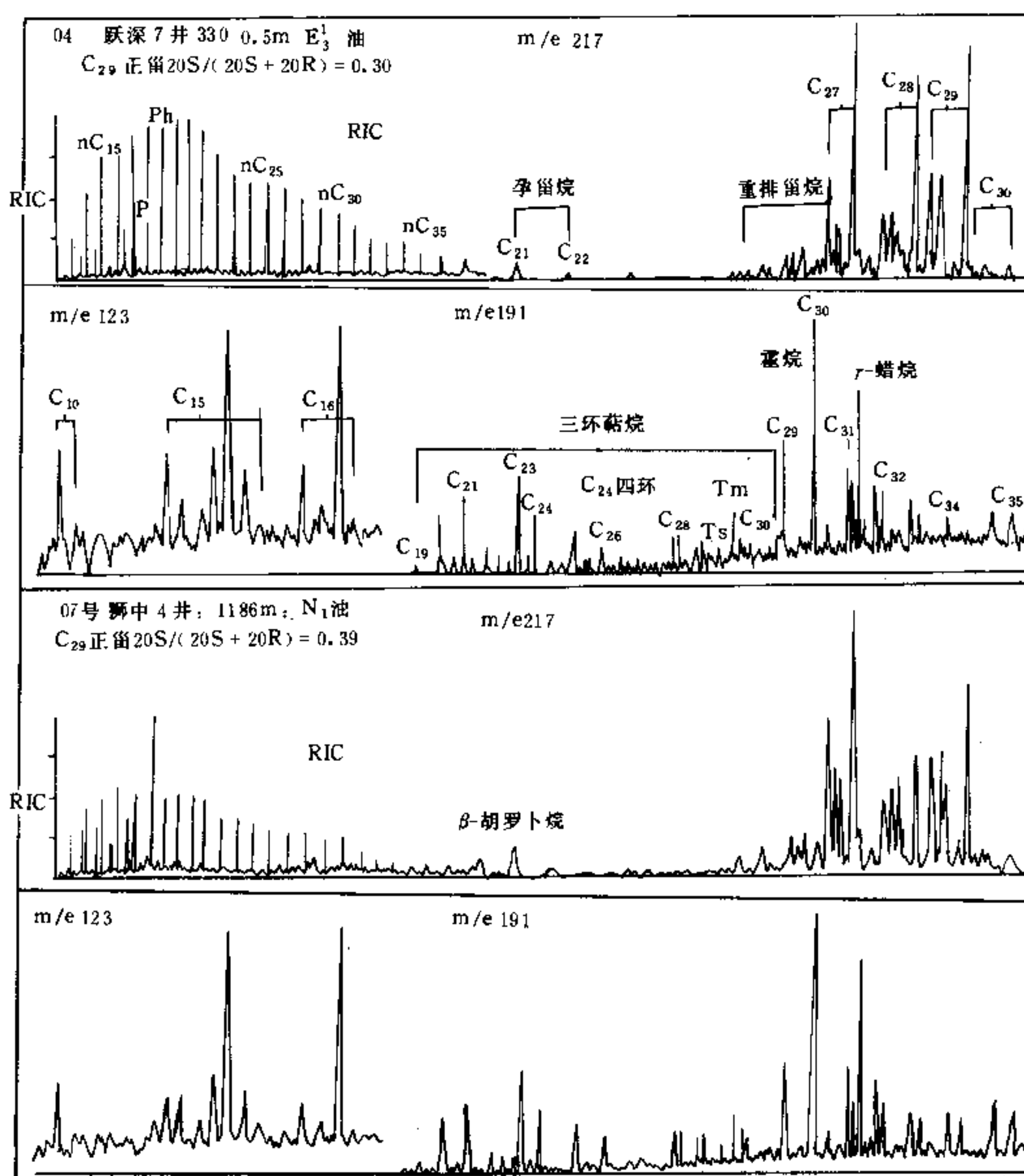


图 1-5-19　柴达木盆地低成熟原油的质量色谱图

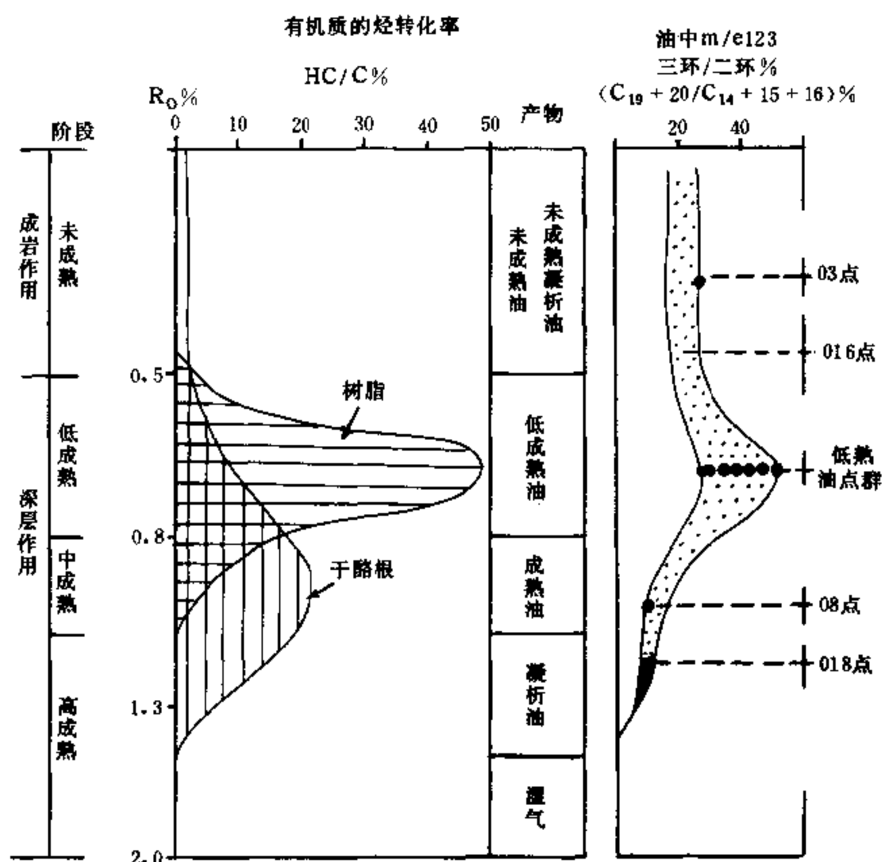


图 1-5-20　树脂成烃演化图示

此外，盆地北缘鱼卡侏罗系原油，也处于低成熟范围之内，有别于冷湖的原油。

(3) 成熟原油和高成熟凝析油　狮 20 井深 4131 米的原油，南翼山 2 井 2981 米的凝析油，咸水泉咸参 1 井的原油与冷湖侏罗系的原油都处于同一熟化阶段之中，它们的差向异构参数 0.48～0.55 均已接近或达到了异构化的终点，属于成熟了的原油，层位属渐新统。

这种成熟原油大多是以比重和胶质、沥青质含量低，饱和烃含量高（80%以上）为特征。但侏罗系为潮湿气候下的成煤湖沼；第三系为干燥气候下的盐湖沉积，所以它们在烃类化合物的具体组成上又显示出重大差别。如侏罗系原油比第三系原油富含芳香烃，在生物标记化合物上（如图 1-5-21 所示），侏罗系原油具有姥鲛烷优势，富含重排甾烷，而三环萜烷的含量却很低，第三系则不具备。这些成熟的原油最突出的特点是那些生物原始构型的化合物的优势基本上消失了，而为异胆甾烷的优势和同类化合物中低碳数成分的优势所代替。这些成熟和高成熟原油的源岩曾埋藏于地下 3000～4000 米，并经历过深度的成烃转化作用。

以上对三种成熟度原油的研究，在柴达木盆地石油地球化学研究和油气勘探上具有重要意义。目前在柴达木盆地油气资源所发现的主要是低成熟原油的储量，浅层未成熟石油还具有一定潜力，而对深层成熟石油的勘探和开发将大有可为（图 1-5-22）。

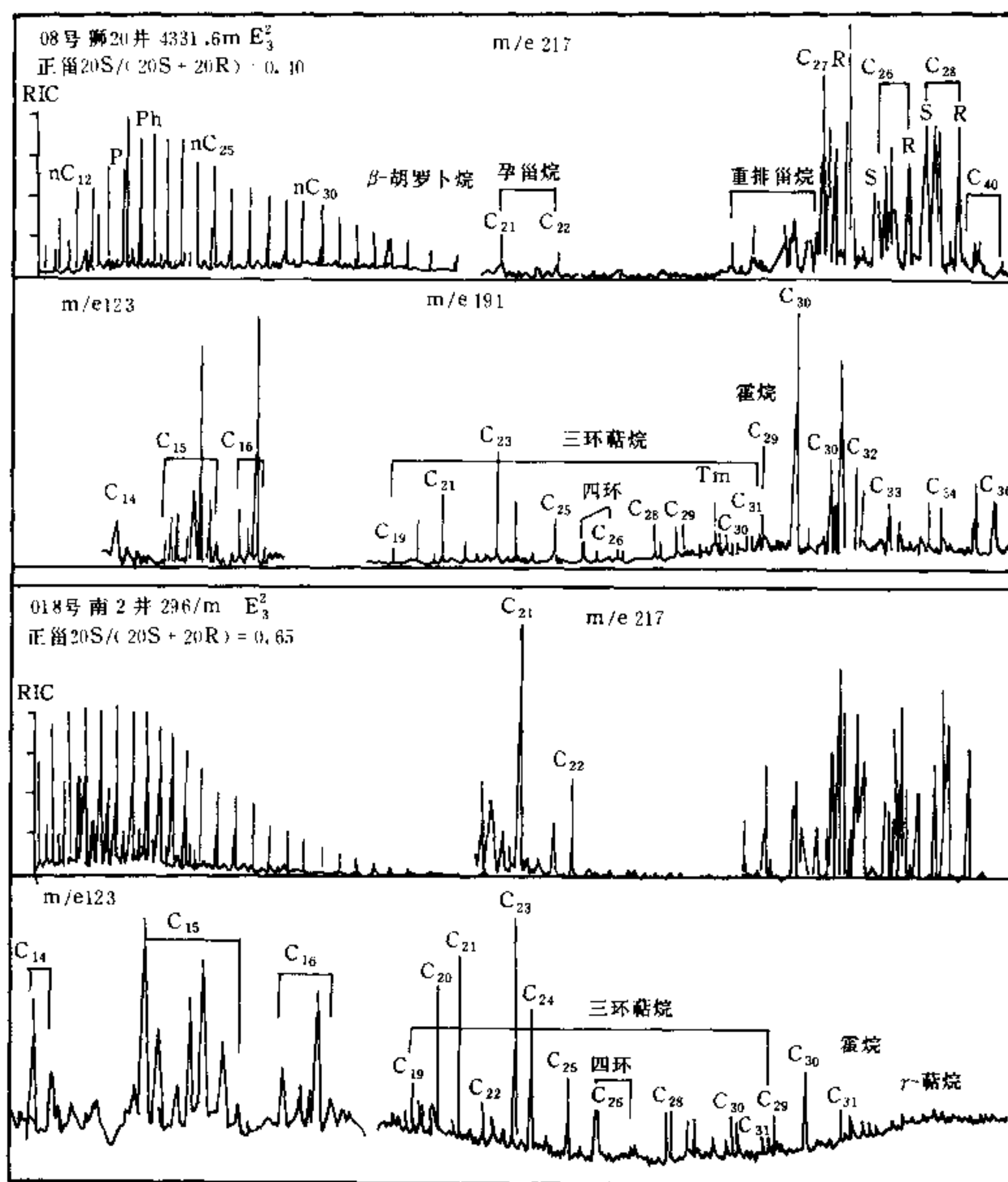


图 1-5-21　柴达木盆地下第三系成熟原油的质量色谱图

三、油气运移

这一部分主要是根据地球化学的资料，进行研究和分析那些与油气运移有关的现象，认识其运移的某些特点。1982 年、1983 年西北大学和中国科学院兰州地质研究所都对茫崖坳陷泥岩压实和油气运移的条件进行了研究，指出了柴达木盆地第三系在一定深度（2800～3200 米）上，普遍存在异常高压现象，并成为油气自生油岩向储集岩运移的动力。

对柴达木盆地西部人们除有上述的认识以外，更重要的应是油气二次运移问题。盆地的大部分构造形成较晚，为晚第三纪至第四纪初，成排成带，隆起幅度较大，这种晚期形成的构造必然给油气二次运移带来重大影响。同时，随着构造形成所派生的大量断裂和裂缝，也为油气运移和储集创造了良好的条件。在柴达木盆地，它对那些缺乏渗透性砂岩储集层的地

区尤其重要。

首先研究了一项常用的运移参数，即 C_{29}—异胆甾烷的运移效应问题。这项参数是 1981 年由塞佛特（W.R.Seifert）提出的，得到了许多学者的支持。在柴达木西部第三系的研究中，没发现 $\beta\beta$ 型在异胆甾烷分布上发生明显的运移效应。这可能是因富含碳酸盐岩的地层中，同类分子间构型不同而引起的色层效应没有明显差别，或是运移作用以短距沿裂缝的侧向或垂向运移为主。侏罗系原油是以霍烷的高含量和 m／e191 三环萜的低含量为特征的。第三系原油中三环萜烷的相对富集，既显示了油、岩之间的成因联系，又反映了运移效应。狮 20 井深部成熟石油，其分子量萜烃的含量为原油含量中较低的，其数值绘在图上落于岩石的点群之中，说明狮子沟深部的原油是一种相当近距离的产物。

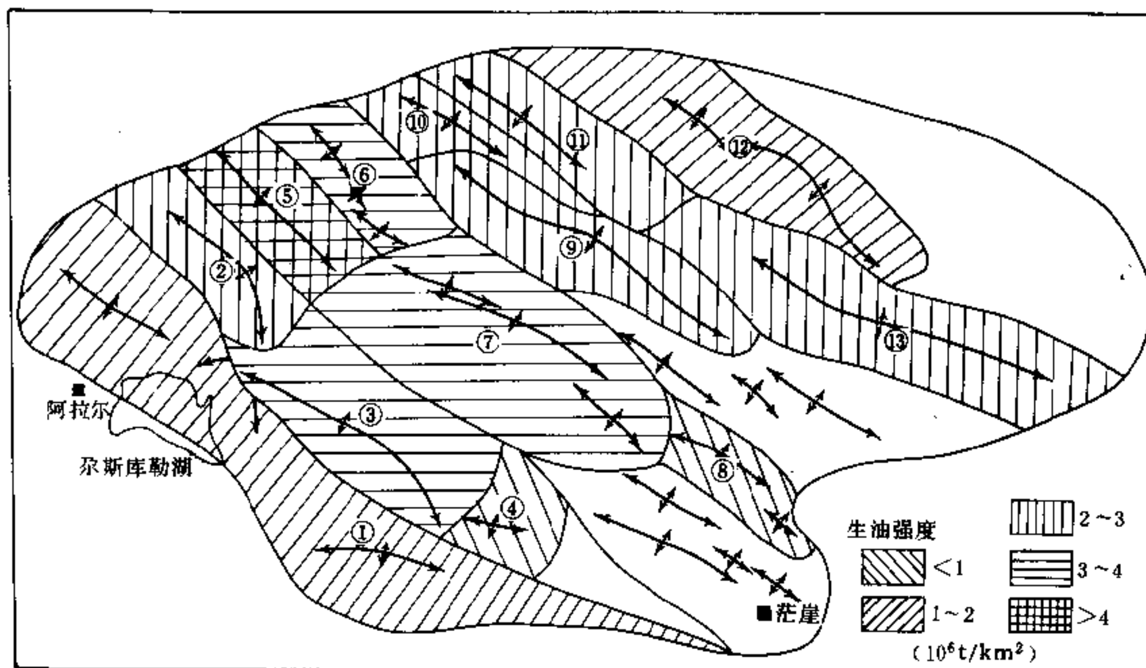


图 1-5-22　茫崖坳陷不同构造带上的生烃强度分布图

①尕斯断陷；②狮子沟；③油砂山；④北乌斯；⑤干柴沟；⑥咸水泉；⑦油泉子；⑧开特米里克；⑨南翼山；⑩红沟子；⑪小梁山；⑫尖顶山、黑梁子；⑬大风山

从以上所述，柴达木盆地第三系油气运移的效应并不很明显，应以短距离的侧向运移和垂向运移为特征，其最大运移距离不超过 10 公里。由各种不同的裂缝所组成的地下网络，在油气运移过程中起着重要的作用，运移的条件随盆地边缘渗透性砂层的发育而变好。

第六章　沉积相及储集层

第一节　中、新生界沉积相

一、沉积相特征

印支运动结束了东昆仑以北的海侵史，柴达木初步形成了一个四周为三大山系所环绕自成体系封闭式的大型内陆沉积盆地。由于各山系活动的强弱和水系发育程度的差异，盆地的沉积呈现为众多物源、多旋回、纵横向岩性变化较大和局部相带甚窄的特点。但总体上由物源区到湖盆沉积中心以沉积系列由粗到细呈环带状分布。根据柴达木盆地周围老山的构造格局及其水系的分布特点，作为物源区的三大山系对盆地内的沉积控制作用具有很大的差别(参见图 1–6–1)。

柴达木盆地中生代沉积规模不大，仅在东北部以断陷方式接受了晚三叠世沉积；早、中侏罗世在盆地北部边缘断陷广布有河流沼泽相沉积，上侏罗统至白垩系为一套红色河流相沉积。

从第三纪早期开始，盆地由断陷转为坳陷，西部大幅度沉降，东部相对较高，一直到第三纪晚期至第四纪，盆地沉积中心逐渐由西向东转移，在沉积上构成了五大沉积体系：即以曲流河道—三角洲平原沉积为特征的马海、大红沟沉积体系，面积达 4 万平方公里，占盆地沉积面积 41.67%；以洪积锥、辫状河流沉积为特征的冷湖沉积体系，面积为 1.63 万平方公里，占盆地沉积面积 16.98%；以洪积锥较为发育为特征的阿尔金斜坡东段沉积体系，面积为 0.32 万平方公里，占盆地沉积面积 3.3%；以洪积锥—水下冲积扇—浊流沉积为特征的阿尔金斜坡西段沉积体系，面积为 0.92 万平方公里，占盆地沉积面积 9.89%；以低弯度河流三角洲沉积为特征的昆仑山北缘沉积体系，面积为 2.7 万平方公里，占盆地沉积面积 28.12%。

根据柴达木盆地有关沉积相研究资料，以及生油层、储集层的分布及其组合关系认为盆地最有利的相带分布为柴西南区。该区较大范围内存在着下干柴沟组上段（E_3^2）至上干柴沟组下段（N_1^1）较深湖相的有利生油层。在这套生油层上下又分别发育了良好的河流三角洲和分流河道等砂质岩储集体，且中部上新统（N_2^2）以下的大套砂质泥岩可作为良好的盖层，构成了良好的生储盖配置。除上述储集层外，尚存在着滨浅湖沙滩、粒屑灰岩、扇三角洲前缘储集体。本区在第三系生油层之上发现了狮子沟、花土沟、油砂山、尕斯库勒和跃进二号等五个较浅的油田；在生油层之下发现了红柳泉、砂西，尕斯库勒及跃进二号东高点等油田。由于盆地西部地区地质条件优越，所以在此范围内只要有圈闭存在，就有可能成为油气田。第二个有利相带是七个泉至红沟子地区，该区在靠近老山的第三系各层段均存在洪积锥砂砾岩和水下洪积锥的储集体，而向湖盆迅速相变为巨厚的生油层，长期发育的古斜坡有利于油气向洪积锥储集体运移聚集，因此，该区储集体的上倾部分只要存在断裂遮挡，就可能形成断鼻油气藏。第三个较为有利的相带是柴西中北区（包括狮子沟—油砂山以北，大风山至茫崖以西的广大地区），该区主要目的层是下干柴沟组（E_3）至上油砂山组（N_2^2）。本区第三纪具有深湖、半深湖相持续时间长，层位多、生油层连续厚度大和分布范围广的

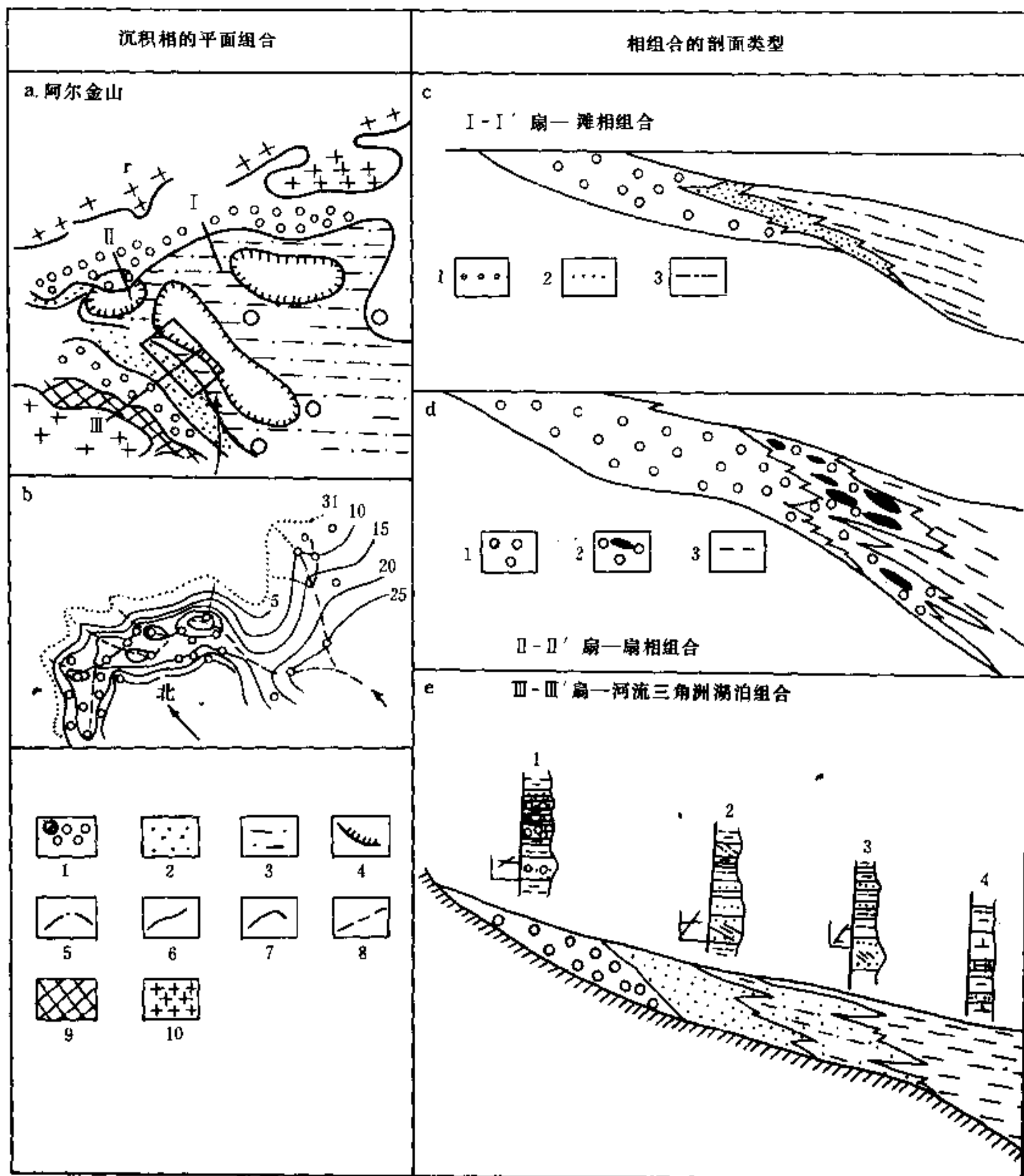


图 1-6-1　柴达木盆地西部沉积相组合及剖面类型

a、b 图：1—洪积相；2—河流泛滥平原相；3—湖滨相；4—稳定湖泊相（浅～深湖）；5—相区界线；6—砂层百分含量线；7—砂层等厚线；8—沉积物搬运方向；9—剥蚀区和可能剥蚀区；10—现代基岩露头

c 图：1—水上洪积锥相；2—水下洪积锥相；3—扩张湖相

d 图：1—水上洪积锥相；2—水下洪积锥相；3—稳定湖泊相

e 图：1—棕褐色泥岩、隐层理砾岩；2—棕红色泥岩、虫孔隐层理砾岩 3—棕红色泥岩、隐层理砾岩；4—深灰色泥岩、湖相泥灰岩

特点，但因距主要物源区远，砂质岩储集层不发育，只有泥质岩、泥灰岩生油岩体本身发育的次生晶孔、溶洞和构造裂缝等可作为储集油气的场所。经过勘探实践，本区已发现一批浅油藏，在深部也相继发现了缝洞型的高压油气藏，前景是乐观的。第四个有利相带的分布区是盆地东部的三湖地区，该区为第四系七个泉组（Q_{1+2}）的沉积中心，形成了一套湖相泥质岩夹粉砂岩的同生型生储盖有利组合，为生物化学阶段形成的天然气，富集成为一批第四系气田。目前已发现的五个气田中有四个即位于本区。可以确信，在柴达木盆地东部三湖地区落实的有利圈闭的基础上加强钻探，该区将成为具有较高工业价值的天然气生产区。

二、成湖期

始于晚三叠世的古陆盆，经历了燕山、喜山多期次的构造运动，致使每一旋回期的湖泊形成各有其独特的发育条件和分布规律。就成湖期的多寡，远胜于东部各盆地，且除了白垩世未能形成湖泊外，其余五个成湖期的湖泊均具有生油气条件。中、新生代古湖泊的分布如图1-6-2所示。

1）第一成湖期可能发生在晚三叠世，分布于柴达木盆地西北缘冷湖块断区的局部；

2）第二成湖期发生于早中侏罗世，分布于柴达木盆地北缘——东北缘鱼卡、红山等断陷。

3）第三成湖期发生于第三纪渐—中新世（包括局部地区的古、始新世），分布于柴达木盆地西南缘断坳区；

4）第四成湖期发生于第三纪上新世，分布于柴达木盆地中、西部坳陷区；

5）第五成湖期发生于第四纪更新世，分布于柴达木盆地三湖坳陷区。由于该期湖相沉积物内富含腐植质，且沉积时代甚新，未能进入成油门限深度和温度，因而只能形成、生物化学阶段的天然气，显著与上述四个成湖期所沉积的有机物、已进入或接近生油门限深度的情况有所区别。

以上五个成湖期中，以晚第三纪、第四纪这两期为柴达木盆地所特有，显示了晚第三纪后柴达木盆地所处区域构造位置和地理环境的特殊性。它可能与高原地貌和古气候条件以及特有的水体演化规律有关。

三、湖盆类型

按成因和时代，柴达木盆地属中、新生代构造型山间湖盆。按湖盆所处自然地理位置以及三十多年来大量古生物及岩矿的分析鉴定，柴达木盆地自晚三叠世以来的中、新生代与海洋没有任何联系，属内陆湖盆。但在盆地整个演化过程中，随着古地理、古气候和水介质环境的不断变化，导致湖盆类型和空间分布上的改变和迁移。

1. 晚三叠世半潮湿淡水断陷湖泊

早、中三叠世时期柴达木盆地处于隆起状态。晚三叠世的印支运动，导致柴达木北缘以软硬间杂基底为背景的北西西向狭长断裂带形成，这些相对沉降带因位处半潮湿气候带内、陆生植物开始繁殖，为成煤和生油层的沉积提供了必要的基本条件。据冷湖三号井下孢粉统计资料，显示了针叶林花粉占优势的特点，从而说明该区此时已有大片针叶林生长，同时在低洼处存在拟网叶蕨孢（反映湿、热）、石松孢（反映湿润）、紫基孢（反映湿）带等出现，且整个地层剖面中没有含盐地层产出，泥质岩的氯离子含量比较低，说明古气候呈现出由干燥向潮湿气候转变的过程。

2. 早、中侏罗世潮湿气候条件下的淡水断陷湖泊

早、中侏罗世成煤、成油湖盆的形成机制与晚三叠世相似，由于断块运动的差异

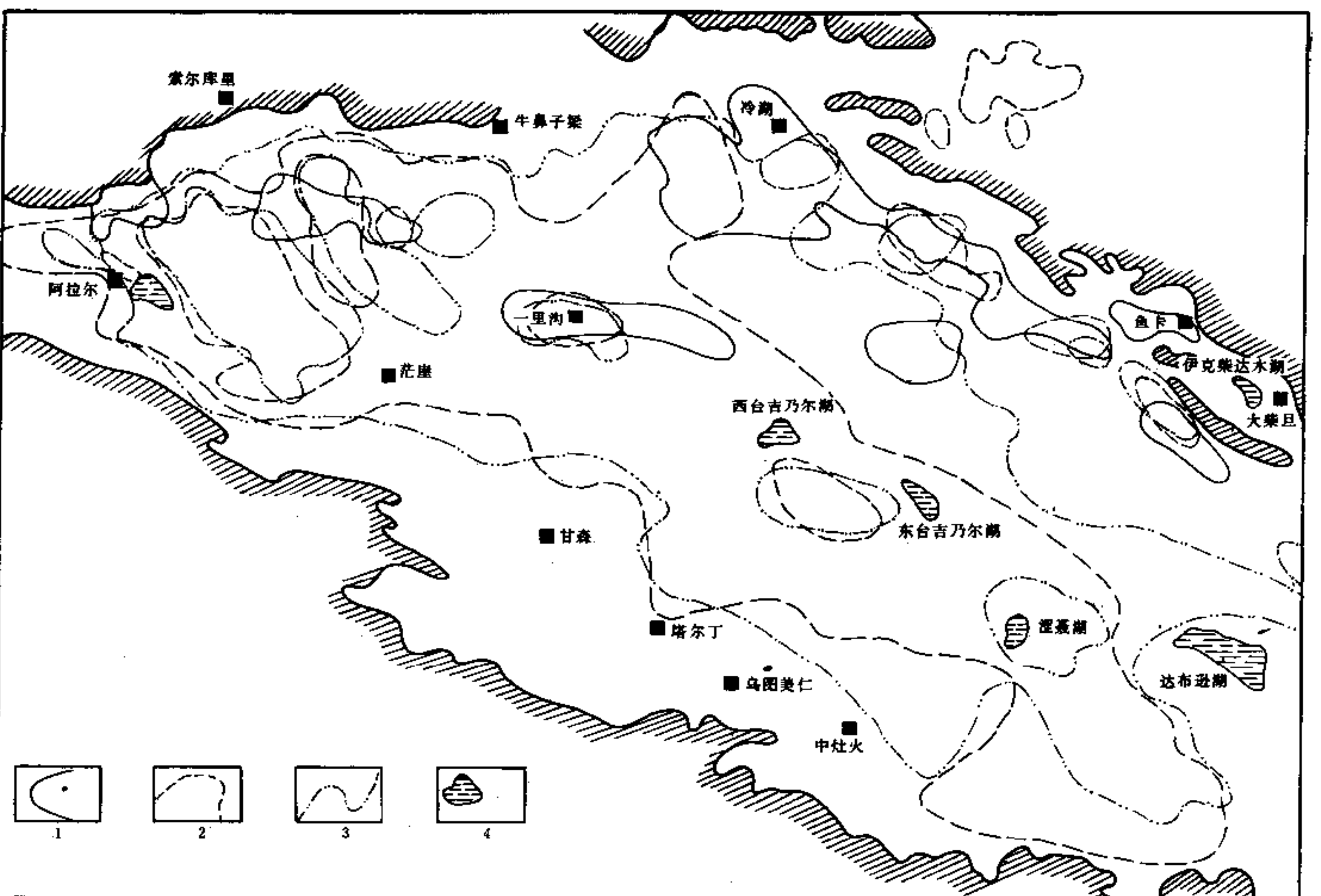


图 1-6-2　中、新生代古湖泊分布图

1—M_2古湖泊边界；2—E_3古湖泊边界；3—N_1古湖泊边界；4—现代湖泊

注：内界线为较深湖边界，外界线为浅至滨湖边界

性升降，在阿尔金和祁连山系南麓形成断陷带，为中下侏罗统的沉积提供了条件。侏罗世全球性温暖湿润的气候，使这些沉积与河流沼泽紧密结合。由于侏罗纪断裂活动主要发生于北缘块断带，因而该区为其时淡水湖泊群的分布地。如潜西湖泊区，鱼卡湖泊区，红山湖泊区，德令哈湖泊区等。其中面积相对较大、沉降较深者，沉积了有机质丰富的生油岩系。从侏罗系砂岩普遍定名为岩屑质石英砂岩，石英砂岩，含岩屑质石英砂岩来判断，该套沉积的物源并非来自年轻的造山带，而应是来自古老而稳定的岩块。具有长距离搬运和缓慢沉积的特点。

早侏罗世中植物群（孢粉组合）以北方型古老的松柏和苏铁粉为主，反映了大陆性的温带—亚热带潮湿气候特征。中侏罗统大煤沟组植物群为松科，拟苏铁粉、石松、拟桫椤孢粉组合，蕨孢占有重要地位，说明当时为大陆性温带气候。从标志古气候的煤层、油页岩、菱铁矿、黄铁矿的频繁出现来看，当时的气候比较温暖和潮湿。

进入晚侏罗世后，孢粉组合单调，适应干旱气候的克拉梭粉（*Classopollis*）占绝对优势（>90%），直至第三纪古、始新世。且由该期沉积均为红色砂、泥岩剖面的特点，充分表明柴达木盆地的气候又趋干燥。据目前所掌握的岩性和孢粉等资料分析，自晚侏罗世至白垩纪的地史演化阶段已不再存在沉积生油层的湖泊和成煤的条件。该情况显著有别于祁连、秦岭以北润湿气候和地理面貌。柴达木中生代盆地从此进入准平原化消失期，因而接受大量红色河流泛滥平原的沉积。

3. 老第三纪至早中新世中盐水—多盐水坳陷湖泊

柴达木盆地进入第三纪后，青藏高原开始全面上升，随着印度板块向欧亚板块的俯冲，盆地西侧山系进一步发生断隆并使盆地西部开始相对沉降，形成了大型坳陷盆地。柴达木盆地处于我国中部亚热带干旱气候区内，古气候更趋于干燥至干旱（见表 1–6–1）；古湖盆水型属硫酸盐型，盐类沉积主要沿硫酸盐的水盐物理化学体系的某些结晶途径和析盐序列进行。

表 1–6–1　柴达木盆地第三纪气候地史演化表

时　代	组　段	旱生植物花粉含量%		干燥程度
更新世	狮子沟组		67.2	很干旱
上新世	上油砂山组		37.36	
	下油砂山组	上段	30.35	干旱程度渐增 （由下而上）
		下段	25.48	
中新世	上干柴沟组	上段	26.84	
		下段	25.43 26.90	干旱至很干旱
始—渐新世	下干柴沟组	上段	18.37	干　燥
		下段	15.79	干燥程度稍低
古—始新世	路乐河组		24.93	干旱

柴达木盆地远离海区，其气候除受水平气候带（亚热带干旱气候）的控制外（见图1-6-3），还受垂直气候带的影响。即当盆地外围山系以低山丘陵上升至垂直潮湿气候带之上时，山区气候则比较潮湿，有大量雨水从祁连山（包括阿尔金山东段）流入盆地，为盆地渐新世开始因相对大幅度沉降而形成的大型汇水中心提供了丰富的水源，致使大型湖泊得以形成并呈现了大型湖泊沉积的景观。而当时我国西北各盆地除个别盆地的山前凹陷仅有局限性湖泊出现外，都普遍沉积了红色地层和石膏，甚至有风成砂岩沉积。

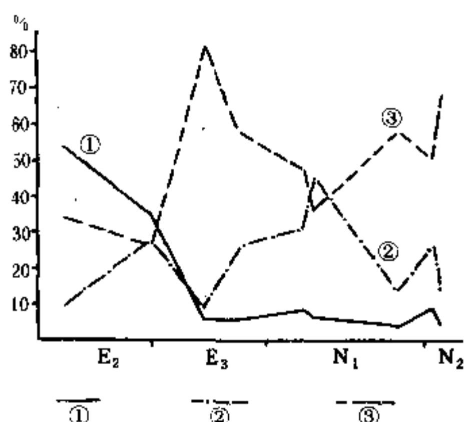


图 1-6-3　柴达木盆地第三纪各类植物孢粉百分含量曲线图

①亚热带的热带植物；②针叶植物；③旱生植物

以上论述了柴达木盆地进入第三纪特别是渐新世以来的气候和供水条件，但这仅是影响和控制沉积的因素之一。其二为干燥气候带的氧化和蒸发作用（见表 1-6-1）导致第三纪湖泊从开始就具有蒸发湖盆的性质（图 1-6-4）。首先在盆地西部局限性的湖区（淡水补给很少的湖湾区）沉积了一套泥云岩、白云岩、粒屑（鲕屑、生物碎屑）灰岩等碳酸盐含量占 20～50%的湖相地层。在纵向上，继古、始新统含膏泥泛滥平原、河湖冲积平原红色碎屑岩沉积之后，便是一套古盐度达 21.5‰（多盐水）的盐水沉积（见表 1-6-2），随之而来的相对淡化期，古盐度降低为 16～15‰（中盐水），有利于生油岩沉积的湖泊出现。（关于第三纪湖泊的形成及其对油气生成的影响已在第五章中叙述）。根据该期古气候、古水系的分析，可能有与大小水系相联系的顺向河（大弯度曲流河）和盐度较低的开阔湖区存在(或称东湖区)。

表 1-6-2　第三纪岩层段含盐度 B / Ga 比值表

时　代	始一早渐新世	晚渐新世	早中新世	晚中新世	早上新世	中上新世	晚上新世
盐　度	21.5	16.5	15.7	22.4	21	26.2	时有膏盐沉　积
B / Ga	13	15.3	9.8	14.8	16.1	21.2	

4. 晚中生世至上新世多盐水—超盐水坳陷湖泊

早中新世与晚中新世期间由于盆地西部的抬升，使汇水中心区的位置由边缘向中心迁移并最终转移至一里坪凹陷地区，其形态由前期受边界条件控制的不对称状已变为对称形。相带围绕中心区呈不规则的环状分布。从地史演化分析，该湖前期具有一定的生油条件，后期转化为盐湖的正常生油一析盐序列。该水体的急剧浓缩和演化特点遵循着不同水盐物理化学平衡体系和不同的结晶途径进行，并形成不同类型和序列各异的盐类沉积。因而它不同于中

生代湖盆的充填夷平，也有别于渐新世至中新世后湖泊的转移。

5. 第四纪早更新世寒暖咸淡交替的坳陷湖泊

继第三纪晚期以后，青藏高原又进入急剧隆起和第四纪冰川发育期。柴达木盆地又经历了一次升降大调整，主体沉积区和汇水中心已由盆地中部迁移至盆地东南部。盆缘高山的进一步崛起和山麓冰川的活动，赋予柴达木盆地新的古地理面貌，致使该期湖泊的形成、演化及分布具有下列特点：如根据喜冷、喜热介形类化石在第四系剖面中的六次交替出现，说明气候有六次冰期与间冰期的冷暖变化，与此相应存在着水体的咸化和淡化的交替、湖进与湖退频繁，以及有机质丰度各异的淡化层和盐类、泥灰岩层的沉积，形成了盆地东部第四系的气源层。

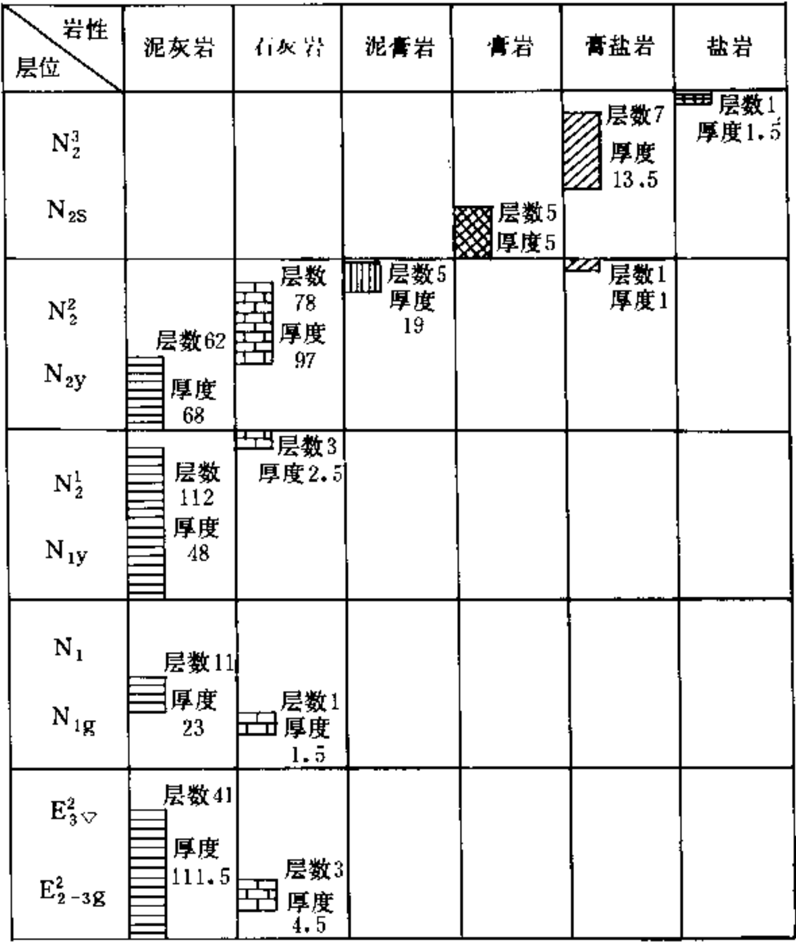


图 1-6-4 南 1 井盐类沉积综合演化示意图

第二节 相 带 特 征

柴达木盆地在经受了第三纪晚期—第四纪早期多次喜马拉雅构造运动的强烈影响后，除东部稳定地区以外，其他地区均褶皱回返上升并遭受强烈的剥蚀，第四纪及其以前地层不同程度地裸露于地表，为全面认识剖面岩性组合、沉积构造特征、砂体形态和成因、划分沉积相带及研究沉积体系等提供了最直观的露头资料。以地面露头资料的详细观察和分析为主，

结合单井划相资料并利用地震资料追索地层地震相的横向变化和分布，确定了各地史时期的沉积环境、相带划分和沉积相的分布。

一、区（相）、带划分

原生沉积构造是沉积岩的重要成因标志，利用原生构造及其组合特点重建古地理环境是沉积相研究最直接最有效的方法之一。利用柴达木盆地存在大量中、新生界天然露头的优势，在收集较多沉积现象的基础上，以沉积构造特征为主要划分标志，综合岩性（颜色、岩石组合）、岩矿、地球化学、古水文、电测等成果，共划分出四个二级相区和十一个三级相带以及有关微相等（见表1–6–3）。

表1–6–3　区、相带划分表

二级相区	三　级　相　带	四级微相
Ⅰ、洪积相	1. 水上洪积锥 2. 水下洪积锥	
Ⅱ、河流相	3. 辫状河流相 4. 曲流河流相 5. 分流河流相（小型三角洲）	沼泽相（泛滥） 沼泽相（分流间）
Ⅲ、过渡相	6.扇三角洲相（非常规三角洲） 7. 水下三角洲相（三角洲前缘） 8. 滨湖相	
Ⅳ、湖相	9. 浅湖相 10. 盐湖相（盐沼泽相） 11. 半（较）深湖相	

二、亚相特征

根据盆地实际资料，各亚相特征如下：

1. 洪积相（冲积扇）

包括水上洪积锥相和水下洪积锥相两个三级相。

（1）水上洪积锥相（冲积扇）

山区河流出口后，由于坡度急剧变缓，流速骤减，水流迅速散开，大量被携带的碎屑物质倾泄在山口附近，形成平面上呈扇状剖面并呈楔状的半圆形堆积体，高度可达数百米，半径可达数十米至上百公里。

柴达木盆地从白垩纪开始（特别是老第三纪），水上洪积锥甚为发育，沿祁连山前分布的洪积锥体可相互毗连成带；沿昆仑山、阿尔金山一侧的洪积锥体多孤立出现。

如盆地北缘的结绿素、赛西、红三旱一号一高点、盆地南缘的乌图美仁及弯西等地区都有老第三系典型的水上洪积锥沉积，其综合判相特征如下：

1）颜色　以红色为基本色调（如棕红、紫红、暗红等）。不但泥岩呈红色，原色各异的砾石，也常被红色氧化泥质包膜所裹染而呈红色。

2）岩石成分　主要为砾岩，其次为砂岩与少量泥岩。砾石成分及砂、泥岩的矿物组分

与山区母岩的关系极为密切。如结绿素沟，随着边缘山系剥蚀深度的增加，源岩发生规律性的变化，该剖面砾石成分的变化即与源岩剥蚀程序相一致。如底部400多米地层主要为较圆滑的石炭系灰岩，继之片岩砾石增加；中部300多米地层各类片岩砾石已占绝对优势；上部600多米突然出现花岗岩砾石且渐居主要地位。粒级分选较差，一般粗细混杂。由于经过山间河流的搬运，圆度较好。

3）沉积构造 根部层理不清，多呈块状或透镜状，在混杂排列的砾石中有时可见下粗上细的粒级层理；锥体的前端和边缘可出现大型单向斜层理或因砾级粗细差异而呈现的平行层理。在不同洪水期的沉积扇面上常有枯水期的辫状河流沉积（见图版一中照片6−1）。在辫状河道砂岩中可见槽状斜层理，冲刷充填构造发育，冲刷幅度有时可达1米至数米，冲刷面常有更粗的砾石充填。水流作用微弱时可在扇面上形成数厘米至数十厘米的红色泥质沉积，且由于河流在较小范围内频繁摆动，致使红色泥岩在纵向上可以相连，在剖面上常呈脉状或树枝状。

（2）水下洪积锥相

水下洪积锥发育在邻近断崖、陡坡等高比降沟谷或间歇河流出口处的湖盆陡岸一侧，由于坡度大、水流强且紧邻湖盆，当所带的大量沉积物进入湖盆后即迅速堆积，但其分布面积远较水上洪积锥体为小。

柴达木盆地中、新生界水下洪积锥主要发育在阿尔金山一侧。如冷湖地区的下干柴沟组、干柴沟构造西岔沟剖面、红二旱一号三高点地层中以及七个泉井下、红沟子沟4井的下部等，均可见到水下洪积锥体的分布。其特征与水上洪积锥具有下列区别标志：

1）由于洪积物迅速在水下堆积，未能充分氧化，常保持母岩原有的颜色；当进入湖水较深部位时，便出现部分还原色或"披上"湖相泥质薄膜的假色，有时在砾石表面还有薄层碳酸钙的沉积。因此，水下洪积锥砾石有时呈现白、灰白、浅灰色和灰绿等颜色。水下洪积锥的泥质部分和胶结物都以灰绿和黄绿色为主，胶结物均为钙质和泥质。

洪积锥砂砾岩体常和湖相泥质岩、泥灰岩、石灰岩呈突变关系，有时在洪积锥砾岩中可见到富含介形类、螺等生物的石灰岩夹层和微细层理发育的泥质岩。由于当时湖盆存在西咸东淡的特点，在淡水补给量小于蒸发量时，即可沉积薄而密集的石膏夹层。

2）水下洪积锥砾岩中多见粒级层理，且由于坡降较大，也可见由砾岩组成的倾角较大的板状斜层理。

2. 河流相

这是发育于洪积锥与湖盆间变化最大的一个相带，其主要特点是河道砂岩与洪积（泛滥）平原相泥岩在纵横向的紧密伴生或过渡。处于潮湿气候环境下的侏罗系（包括上三叠统）在盆地呈现的相带较窄，河床（道）相与泛滥平原相（岸外沉积）叠次更替频繁。处于干燥气候条件下的第三纪盆地，由于河流在洪水期漫溢泛滥，形成了大面积棕红色泥质沉积，而在一些经常迁移改道的蛇曲河流，辫状河流的河道中则沉积了河道（床）相砂岩体，与棕红色泥质岩在纵横两个方向上紧密接触。该相可细分为三个三级相：

（1）辫状河流相 发育于河流流速快、流动变化大的洪积扇前缘与次缓坡区。如冷湖四号地区的上、下干柴沟组层段的辫状河流沉积，河道砂体比较发育但稳定性差。洪积泥岩以棕红色为主，很少泛滥盆地沉积，它具有以下特点：

1）泥质岩颜色以棕红色为主，部分为土黄色，很少绿色和灰色，有时见杂色；砂质岩为灰白、灰绿色。岩性由砾岩、砾状砂岩、砂岩与泥质岩间互层组成。砂砾岩多呈透镜体

状，具有层数多、厚度薄、面积小的特点，颗粒次尖，分选中等至差。河道砂岩以长石砂岩、硬砂岩为主，成熟度低，磨圆度差，胶结物多为泥质，也有部分为次生钙质胶结。

2）沉积构造标志　在泛滥平原相泥质岩中常见干裂构造；河道砂岩体中沉积构造发育，其中有大型槽状、楔形交错层理、递变层理，底部常见冲刷充填构造（见图版四中照片6−2）。

(2) 曲流河流相　这种河流多发育于坳陷盆地的形成阶段，以具有稳定充足远源水系为根据，以平缓的坡降区为条件，以发育大弯度游河为特征，从而接受了以点坝砂体为代表的曲流河流相沉积。如柴达木盆地大红沟—马海地区第三系 E_3、N_1 曲流河沉积体系。

1）颜色与岩性　泥质岩以棕红色为主，有时夹灰绿色、黄绿色以及浅灰色的地层出现，说明除泛滥平原沉积以外，还发育着一些岸外的泛滥盆地沉积，砂质岩均为灰绿色。岩性为砂岩与泥岩互层夹少许砾状砂岩、砾岩。砂岩具有厚度大、横向稳定、占地层总含量高的特征。每一个点砂坝层系厚度可由十几米到几十米。曲流河砂体的宽度和弯曲度较其他河流砂体为大，产生于盆地全面下降阶段，分布于与较大水系相联系的缓坡区（见表 1−6−4～1−6−6 并参见表 1−6−13）。

表 1−6−4　第三系碳同位素 δC^{13} 平均值数据表

层　段	E_3^2	N_1^1	N_1^2	N_2^1	总平均值
平 均 值% （样品数）	−2.28 (14)	−1.30 (6)	−2.60 (3)	−2.0 (3)	−2.06 (26)

表 1−6−5　两类盆地演化后期地质特征对比表

地质特征	渤海湾盆地	柴达木盆地
运动性质	垂直运动	水平（褶皱）运动
上升特点	全面上升	全面上升、差异上升
地形起伏	准平原化	此起彼伏
物资供应	充　足	供给不足，不畅
沉积体系	河流沉积体系	多心牛眼膏盐湖沉积体系

表 1−6−6　物性数据对比表

井　号	层　位	自然电位 mv	孔　隙　度（%）			渗　透　率（μm^2）	
			最大	一般	平均	最　大	平　均
石地 22	J_{1x}	−13.75	19.7	10～14	13.05	$10^{-3}\times705$	$10^{-3}\times19.47$
石地 22	J_{1x}	−87～−50	19.6	14～17	13.7	$10^{-3}\times2712$	$10^{-3}\times400.3$
石深 3	T_3	−50	15.6	8～11	10.83	$10^{-3}\times10.7$	$10^{-3}\times1.48$
深 85	T_3		10.1	6～8	6.68	$10^{-3}\times0.7$	$10^{-3}\times0.19$

2）沉积构造标志　点坝砂体中沉积构造发育，以具有代表性的大红沟剖面为例，在该剖面第三系下干柴沟组（E_3）河道沉积中可见点沙坝的下列沉积序列：底部常具透镜状层理，由河床底滞砾岩组成。厚度较小，均在一米以内，延展长度几米至几十米不等；在 E_3 中部一段长 40 米、厚 5 米的砂层内可见七个砾岩透镜体；向上变为板状斜层理槽状交错层、波状交错层、羽状交错层和水平层理均较发育。

（3）分流河流相　分流河流相（或称水上三角洲相），是河流体系最下游部分即从河流分岔（分流）至湖盆边缘，包括分流河道、陆上天然堤，决口扇以及泻湖等亚相。以河道、沼泽共生为特点并依附于湖泊分布。

柴达木盆地中生代侏罗系河流沼泽与湖泊共生系列中的河流，均具有此种特征。但在第三纪，由于气候干燥，强烈的蒸发和渗流作用使一些河流在入湖前其搬运能力就已大为降低，河流所携带的物质即在较为平缓的湖岸地带堆积并形成水上三角洲砂体。如跃进地区下干柴沟组下部（E_3^1）及冷湖五号三高点上干柴沟组上部（N_1^2），都有这种沉积的例证。

分流河床沉积以砂质为主，但其底部常见属底滞性的砾岩或砾状砂岩的透镜体，并在分流河洼中出现棕红色或黄绿色的沉积物，富含植物碎片、碳质泥岩或煤线。由于河流决口或泛滥，在厚层河道砂岩间，除泥岩层外，也常形成面积较大，厚度较小的薄层状砂岩沉积。当主水流摆动偏移后，残余的微弱水流即可切割原有的河道砂岩沉积，最后将全部被红色泥质所充填，形成一个延展不长、厚度不大的棕红色泥岩透镜体。

水上三角洲与河道泛滥平原，不但可以从砂岩骨架要素上加以区别，在岩石组合方面也有较大差异。由于临近湖盆边缘，因而有较多的岸线特征（如煤线、泥裂、灰—灰绿色湖相泥岩等），而红色泥岩则远不如河道泛滥平原相发育。

3. 过渡相区（湖泊边缘相）

位于稳定湖区与河流泛滥平原之间的扩张湖区内，具有水上、水下两种沉积环境，湖泛期位于水下，枯水期位于水上。第三纪早期，从盆地西部的古湖泊岸区分析，具有大而频繁的张缩性。地层剖面在总体上向上变细的过程中，又经历了从强烈的差异升降活动向稳定沉降转化的过渡阶段。约占地层总厚度 2／3 的中部地层，呈现泥、砂相间的二元结构，反映了沉积过程中湖盆的反复扩张与收缩。由地层的颜色变化来看也具有明显的规律性，如中下部以红色为主，上部为红、灰过渡，而顶部则完全变为灰色及深灰色，反映了盆地水体逐渐侵进的过程。根据化石分析，其时既有湖泊属种（如光滑南星介、柳桥水螺及适于安静水体的轮藻——矮小克氏轮藻至潜江扁球轮藻等组合），也有河流相的属种（如浪游上星介等）。对具有上述特点并区别于典型三角洲的砂体形成环境，暂称为非常规三角洲。除此而外，还有三角洲前缘相（水下三角洲）以及非河流入湖区、湖湾区所在的滨湖环境。

（1）水下三角洲相（三角洲前缘相）　水下三角洲，亦称三角洲平原，通常指三角洲前缘环境的上部（近陆部分），由水下分支河道、水下天然堤及分支间湾组成。盆地内的洪水期河流，或为盆地陡岸一侧比降大的间歇性河流，有时在直接入湖后方能分岔，水流速度骤减，堆积速度加快，沉积物以碎屑物质为主，有细砾、砂、粉砂及泥质沉积。由于水下分流河道的经常性改道，致使堆积物在剖面上常呈大小不等的透镜体。较粗的碎屑岩透镜体代表古河床，其间粘土质砂或砂质粘土沉积物常见交错层理及波痕。它与水上三角洲有如下区别。

1）水下三角洲砂体在侧向上与向湖一方的暗色泥质岩相伴生而不是与红色泥质岩相伴生。沉积构造除普遍发育交错层理、流水波痕、冲刷充填构造以外，还有浪成波状层理、平

行层理及虫孔、生物扰动构造等。

2）颗粒分选较水上三角洲砂岩体为好。可见湖相生物化石及特征性的湖相夹层。

三角洲前缘砂，依据水动力条件及地理位置可细分为河口沙坝，远沙坝及三角洲席状砂。它们的特征或主要区别是：

1）分流河口沙坝微相　是三角洲系统中沉积砂最多的地方，主要识别标志是：由砂岩骨架要素分布图可以看出，处于分流河口部位；沙坝形态均呈长轴与河流平行的椭圆形，剖面上为近于双凸的透镜体，其周围为前三角洲的暗色泥岩沉积；可见完整的底砾—前积—顶积层序，这在红三旱一号五高点上见到了较好的实例，分流河口沙坝还可见到流水及浪成的两类沉积构造。沙坝前缘可见到移动迭复波状层理，滑动构造（见图版二中照片 6-3）等，在洪水期还可见递变层理。

2）远沙坝微相　从砂岩骨架要素及地层等厚图上看，处于三角洲前缘部位，岩性以纹层状粉砂岩及粘土沉积为主，洪水期可见细砂岩。常见滑动构造、交错层理、移动递变波状层理、水平层理等。季节性层理也可重复出现。

3）三角洲前缘席状砂　是由河口沙坝或远沙坝的砂质沉积受波浪的侧向运移和重新分选而形成的。分布于三角洲前缘的边缘和侧缘部分。一般呈层状，向湖方向变薄，向分流河道及沙坝方向增厚。砂岩纯净，分选好，常见由湖水作用而形成的交错层理。

(2) 非常规三角洲相　在柴达木盆地尕斯断陷区下第三系下干柴沟组中发育着一套由四个二级亚相组成的沉积序列（见图 1-6-5）。自下而上依次为洪积相、河流泛滥

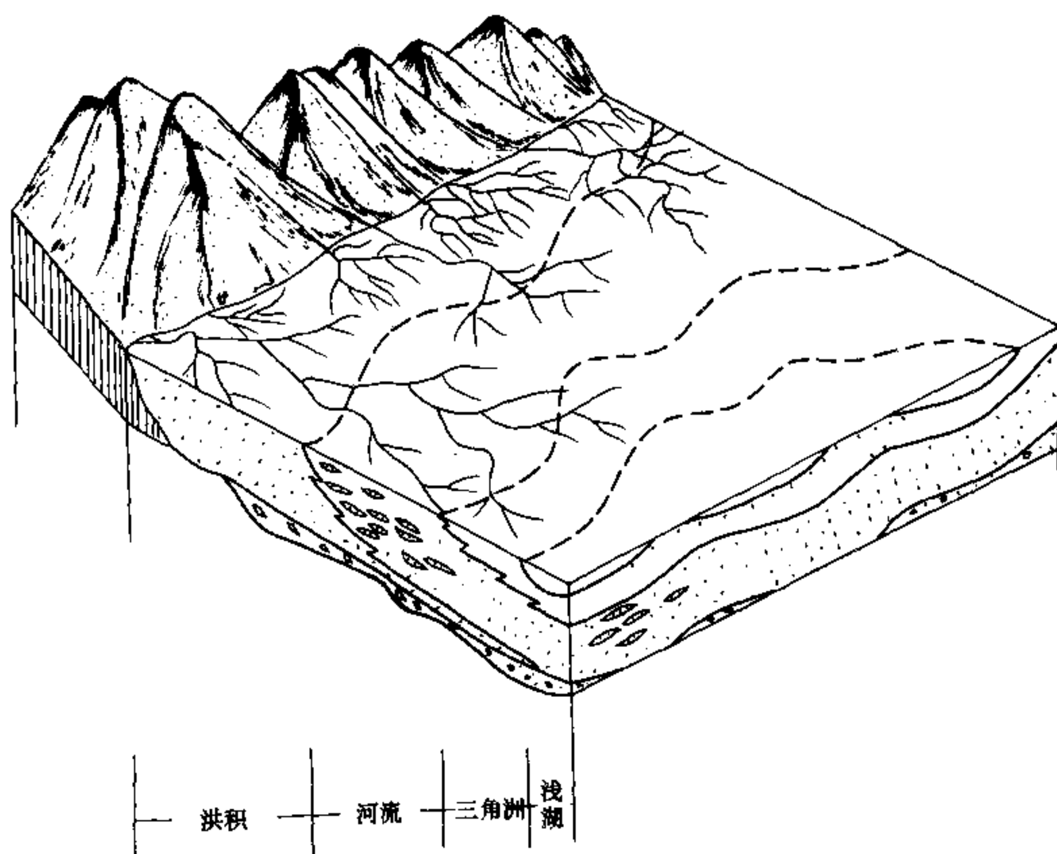


图 1-6-5　由四个二级相组成的沉积序列立体模式图

平原相、湖泊边缘相以及稳定湖泊相（浅湖至深湖相）。其中湖泊边缘相比较特殊，不同于三角洲前缘相，暂称作非常规三角洲相。非常规三角洲相又可细分为枯水型、涨水型和交互型三角洲三种类型，其特点如下：

1）三层结构（顶积层、底积层、前积层）不全或序列倒置。前者为枯水型三角洲，其砂岩的下伏层可为扩张湖区的红色泥岩或浅湖相暗色泥岩夹石灰岩；上覆层为水上沉积的红色泥岩。明显有别于砂体逐渐向湖推进的典型水退型三角洲沉积，且缺少顶积层的沉积。后者为涨水型三角洲，其砂岩的下伏层为水上沉积的浅红色泥岩；上覆层为扩张湖区沉积的暗红色泥岩乃至浅湖相暗色泥岩夹石灰岩。与所谓的水侵三角洲类似，暂称作涨水型组合，以强调其间歇性。交互型三角洲，其砂岩下伏及上覆层均为扩张湖区沉积的红色泥岩，其三层结构不完整。

2）涨水型及枯水型非常规三角洲的砂岩层均呈向上变细的正旋回，但交互型非常规三角洲砂岩层则为粗细相间的特殊形式。非常规三角洲主要发育于次陡坡的扩张湖泊区、骨架相以分流河道砂体为主，河口沙坝不发育。

(3) 滨湖相　滨湖相发育于除河口以外广大的扩张湖区。介于河道泛滥平原相与浅湖相之间，是大型坳陷湖盆广为分布的相带，亦是柴达木第三纪湖盆区别于中生代湖盆以及有别于我国东部断陷湖泊的最显著的特点之一。在该相带区，依据河流的影响程度（距河口的远近）以及湖水的活动情况，可分为四种不同的三级相。

1）滨湖砂滩相　位于河口两侧一定距离或仅有一些小河注入的湖滨斜坡地带，由河流带入湖泊的泥砂以及侵蚀岸边的母岩而形成的泥砂，经风浪的长期吹蚀、淘洗和再分配，常形成与岸平行的、厚度不大但延伸较远的砂滩，成岩后便形成薄而稳定的层状滩砂。其识别标志是：砂岩在平面上呈平行于湖岸的带状，剖面上呈薄而稳定的层状且有延伸远分选好的特点。在红三旱一号五高点及冷湖五号三高点等地都能见到这种砂滩相砂岩的存在。岩性多为灰白色至灰色钙质砂岩、石膏质砂岩。在沉积构造上，以小型多向交错层、对称波痕（见图版二之照片 6–4）、干涉波痕、双向交错层理及水平层理为主，并常见脉状—透镜状及压扁层理、旋转层理、波状层理等，还往往有虫孔、刻痕等浅水标志出现。当砾岩含钙质不均时，常可形成球状风化。在岩石组合上，由于湖水的升降进退，纵向上即可与水上红色泥质岩相间成层，亦可与湖相暗色泥岩、纸状页岩互层。

2）滨湖泥滩相　滨湖泥滩形成于湖泊边缘的远离河口处，特别是湖弯凹进的地区。在湖盆的扩张期间形成较大范围的泥质岩沉积，由于离河口较远，砂质沉积很少，加之处于湖滨水浅、弱氧化—弱还原的环境，以及僻居风浪作用弱的湖湾地区，水体宁静，因而利于泥质岩的沉积。

滨湖泥滩相的岩性主要为灰绿、绿、蓝灰、红色及带紫斑的杂色泥岩组成。杂色泥岩多分布于湖盆边缘，代表了水体的频繁升降进退。在规模不大的泥滩环境下，这类泥岩的干裂十分发育，滨湖泥滩中带蓝绿色调的泥岩常夹有红色泥岩，甚至构成互层状，其成因是由于季节、气候条件的变化或地壳升降运动的影响，湖水时有进退，泥滩时常露出水面经受氧化作用有时形成龟裂（见图版四之照片 6–5），使暗色的淤泥转变为红色，且在泥滩露出水面时有时可为河道泛滥沉积的红色泥岩所覆盖，致使带蓝色的泥岩及杂色泥岩与红色泥岩形成交互层，组成了鲜艳的彩色条带。泥滩内沉积构造多为块状，含粉砂较多时可见小型波状层理、有时具透镜状或脉状层理水下滑动构造（见图版三之照片 6–6），以及生物活动痕迹

等。

3）灰泥滩相　和滨湖泥滩具有相似的地理位置。当湖湾封闭或湖水由扩张湖向稳定湖盆退缩时，局部积水形成洼地；当湖水蒸发，水体盐度达到一定浓度时，便出现泥灰岩、石灰岩沉积（这些岩层表面常有虫孔分布）。疙瘩灰岩便是这种环境下的产物。

4）粒屑滩相　由鲕粒、粪粒、球粒、生物骨骼碎屑组成的颗粒灰岩，通称为粒屑灰岩。生成于两种浅滩环境：一为离河口较远的湖盆缓坡地带；其二为水下隆起的顶部或水上隆起的斜坡地带。这两种地区陆缘碎屑较少，但在盐度、营养和水动力条件适宜时，常可形成大量的异化颗粒堆积的滩地。如盆地西部沙滩边下油砂山组层段底部有一层厚 15 厘米的螺灰岩；西岔沟 E_3 地层中见有厚 10 厘米的生物碎屑灰岩。盆地东部全吉地区第四系中下更新统中见分布于岸线附近由瓣鳃类组成的生物碎屑灰岩。盆地北缘的不整合构造轴部下干柴沟组（E_3）层段中，见有鲕状钙质砂岩。又如大风山构造风参 1 井（E_3）、和尖顶山构造尖深 2 井上干柴沟组层段中也有鲕状灰岩分布。这种粒屑滩相在盆地中发现得还不多，但是由于其所处古地理环境和生油岩层在位置上配置较好，是勘探中值得重视的储集层类型之一（见图版五中照片 1–6–7）。

5）沼泽相　中生代侏罗纪时期，气候温暖潮湿，水流供应充沛，河网密布，河流沼泽及滨湖沼泽极其发育，形成了众多的聚煤凹陷，分布于阿尔金山前山和祁连山的山前地带。

第三纪由于气候干燥，河流泛滥平原和三角洲分流平原区的沼泽相很难发育，仅偶见煤线及碳质泥岩、页岩层以及植物碎片层。进入第四纪后，受温暖间冰期气候的影响，沼泽相地层比较发育并与湖相地层相伴生，河流作用极不明显，应属于滨湖沉积或湖沼沉积。

因此，沼泽相沉积在柴达木盆地总体上呈现为河流、沼泽与湖泊共生的系列。

a. 河流沼泽相　形成于流水环境，以递变流为特点，主要由分流河道型灰色、灰白色、灰绿色砂砾岩与分流间洼的黄绿、灰绿色泥岩，灰黑色、灰色煤层、煤线组成，富含植物化石及菱铁矿结核。河道砂岩内沉积构造甚为发育。

b. 沼泽平原相　形成于湖盆缓坡区，位于湖滨地带。河流作用减弱，具有稳定的积水条件。地形低洼，水量充足、坳陷速度与沉积速度能基本保持均衡，可形成较厚的煤层。岩性主要由灰白色、灰色泥、页岩、煤层组成。含大量植物化石及菱铁矿结核。

4. 湖相

系指长期处于水下的稳定湖泊沉积。根据湖泊水体的深浅、咸淡，还原程度以及地层、生物、矿物等识别标志，可分以下不同的三级相。

（1）盐沼—盐湖相　湖盆发展至一定阶段，或由堤岛沙坝的形成，将湖盆的某些边缘地带分割成独立的小型水域；或因扩张湖盆的收缩而形成成片积水洼地，在干旱的气候条件下因湖水浓缩而相继形成一些钙质、石膏质沉积，并伴有少量的沼泽泥炭沉积。当有一定的淡水补给时，也可有隶属于正常滨湖泥滩沉积的泥质岩与其共生，即称为盐沼相。当整个湖盆或某一水域的水体进一步浓缩、最终趋近于闭塞干涸、盐度高达 15%以上，并可形成厚的岩盐和石膏层时，即称之为盐湖相。其识别标志是：

1）岩石组合　碎屑岩含量很少是其标志之一。主要岩性为厚层岩盐、石膏层，次为芒硝、光卤石。共生岩石主要为棕灰、灰绿色含膏泥岩及部分泥质岩、白云岩、鲕状灰岩等。

2）沉积构造　在未经变动或成岩作用影响较小的盐湖沉积中，可见到水平层理。所夹含膏泥岩中常见纹层理、页理。特别是在成盐期所形成的柔性褶皱构造、角砾构造及蜂窝状构造，为其最主要的标志。

(2) 浅湖—深湖相　中生代湖泊较小、发育时期较短，湖相地层连续厚度甚小；第三纪湖盆由于存在扩张和收缩的特点，浅湖区的范围变化较大，较为稳定的深湖区，其湖水深度也在不断变化。据古生物资料判别标志，上、下干柴沟组（N_1，E_3）沉积时的深湖区水深可达25米以上。

1）浅湖相　主要为一套灰绿、黄灰及浅灰色泥质岩沉积。在洪水期可有一些薄层的透镜状砂岩夹层和棕红色泥岩沉积。泥岩以水平层理为主，有时可见页理发育的浅灰色泥岩层。灰色泥岩可夹有薄层石膏及碳质结核。古生物繁盛，以浅水静水类为主，介形类多为灰白色。壳壁钙化较好。

2）深湖相　主要为一套灰、深灰色泥岩沉积，含少量的化学岩沉积，可夹极少量的粉砂岩，砂岩条带。由于季节性或其他周期性气候和环境变化的影响，可出现色调较浅的碳酸岩盐纹层及薄层。由于母岩区古生界灰岩的影响，使盆地水体的含钙量普遍较高，一般钙质泥岩的颜色以浅灰、灰白为主。层理主要为水平层理，纹层中有发育良好的页理，并出现纸状页岩和纹层页状灰岩（见图版五之照片6–8）。化石多为灰、灰黑或黑色的壳壁。自生矿物以黄铁矿为主。

第三节　相 带 分 布

柴达木盆地自晚三叠世以来，其沉积环境的演化可反映在相组合的关系和分布上，也反映在沉积体系的演替序列和分布特点上。

一、岩相组合

1. 上三叠统—下侏罗统

在河流相（河流–沼泽相）与湖泊相共生系列和演替序列的控制下，具有相带少且窄（2～3个），纵向上演替频繁的特点。在同一地区的同一相带叠次更替，交互出现，缺乏广阔的滨湖（湖岸型）相的沉积，即使偶有出现但厚度较薄（表1–6–7）。

表1–6–7　河流–沼泽与湖泊共生系列

沉积环境	河流—沼泽	湖　泊	沼泽平原	河　流
岩　性	灰色、灰褐色灰绿色砂、砾岩	黑色纸状页岩、油页岩	灰色、灰白色泥岩、页岩、煤层	灰色、灰白色砂、砾岩
类　型	河道（辫状）	静　水	沼　泽	河道—曲流河
岩石、矿物	煤层、煤线	菱铁矿 黄铁矿	煤层、菱铁矿	
生　物	植　物	低等生物为主	高等植物	植　物
水动力学条件	递变流	波浪流、平稳流		递变流

冷湖地区上三叠统—下侏罗统：

根据地面露头和井下钻井剖面的对比表明上三叠统到中侏罗统为一套自下而上由粗到细再变粗的全旋回沉积。下段主要由河流相砂岩与湖相灰色泥质岩所组成，并有近物源水下冲

积扇的砂砾岩体分布。由于成岩作用强、基质具绢云母及绿泥化现象。

中段岩性较细，以湖相灰色泥岩为主，单层厚度大，暗色泥质岩可占地层总厚度的50%以上。上部泥质岩稍有减少，（见表1-6-8）。本段扇三角洲相的砂砾岩可占53.3%左右，为本区的储油层段。

表1-6-8 冷湖地区（T_3、J_1）岩性统计表

层位	T_3^1		T_3^2		J_1	
岩类 \ 厚度百分比	厚度	%	厚度	%	厚度	%
含砾岩类	221.5	47.9	191.5	29	333	18.9
砂质岩类	58.5	12.6	115	17.5	607.5	34.4
暗色泥质岩类	182.5	39.5	353	53.5	82.5	46.7
合计	462.5		659.5		1766	

2. 中、下侏罗统

柴达木北缘地区侏罗系呈星散状分布，虽出露点较多，但厚度较小，层次残缺不全。在众多的出露点中，以红山，大煤沟地区的侏罗系发育较为完整齐全。特别中、下侏罗统还是青海省西部最具有代表性的剖面。自下而上分为小煤沟组、大煤沟组、采石岭组和红水沟组。纵向上可呈两种不同类型的组合关系和演替规律：第一种由小煤沟组与大煤沟组组成的共生关系和演替序列；第二种由采石岭组与红水沟组组成的共生组合和演替序列。前一组合的河流-沼泽相发育，标志着气候潮湿、弱还原环境的煤层，油页岩，菱铁矿频繁出现。后一组合以河流冲积平原沉积为主，沉积有红色、杂色弱氧化环境的泥质岩和砂质岩。杂色层中产轮藻及介形虫。不再有任何潮湿气候和弱还原环境的矿物标志。

中、下侏罗统受旋回性升降活动的控制，韵律频繁、幅度较小，持续时间短，自下而上由六个二级正旋回组成。如下侏罗统小煤沟组只有一个二级正旋回；中侏罗统大煤沟组、采石岭组包括四个二级正旋回，每个二级旋回由一至数个次级小旋回组成。从而导致成煤的沼泽相和沉积泥岩（油页岩、纸状页岩）的宁静淡水湖泊环境的多次出现。由于此时湖面开阔平静，利于藻类和各种浮游生物的繁殖生存，致使有介形类、叶肢介化石的分布。

3. 上侏罗统—白垩系

出露于盆地北部以及西部边缘一带，尤以盆地北部最普遍，具有代表性的剖面有红水沟、犬牙沟、路乐河、大红沟及来扎克等。进入晚侏罗世后，沉积范围远比中、早侏罗世扩大。根据地震解释成果，该套地层可分布于除东部以外的盆地绝大部分地区。整个上侏罗统—白垩系为一套红色建造，泥岩中可见石膏晶体，属于中生代盆地进入准平原化阶段向河流泛滥洪积平原的阶段，孢粉组合中以标志干旱气候的麻黄及克拉梭粉为主要成分。在介形虫类中含有多量的，当时只分布于南方的蝽女星介以及广布于苏联西伯利亚低地、蒙古和我国西北、华北、东北的魏季姆女星介及单肋女星介。因此，推测当时的柴达木盆地有可能处于南、北方的过渡带，但更多地具有南方型气候和沉积环境的特点。进入白垩纪后，盆地时有

上升的趋势，因而岩性进一步变粗，冲积扇型沉积环境渐居优势。

4. 下第三系古～始新统

古、始新世的沉积，仍然继承着白垩系沉积及地层分布状况，唯分布范围可进一步扩大。就地面露头及井下绝大多数剖面的观察，均为一套红色粗碎屑的冲积扇，辫状河流为主的沉积。上述地层分布于冷湖三号（井下），路乐河、马海（井下）、大红沟等地区，与白垩系呈不整合或假整合接触。

在大红沟地区厚 421 米，下段继承着上白垩统急流快速堆积的特点，形成了一套以砾岩、砾状砂岩、砂岩为主的冲积扇沉积，偶夹辫状河型粉砂、砂质泥岩沉积。砂、砾混杂，分选性差，可见洪水期搬运堆积——直径约 25 厘米的大砾石。同生冲刷作用甚强，最大侵蚀幅度可达 0.5～0.8 米，部分砾石呈叠瓦状排列，可见大型板状斜层理。向上部，除仍具有扇根、扇中砂砾岩沉积以外，又有代表扇端流速减弱时的小型交错层以及滞水环境的页状层理和微细层理。由于本期沉积处于干旱的氧化环境，故不含或很少含有化石。偶尔可夹有薄而不稳定的石膏层。

5. 渐新世—中新世

由于盆地西部边框断裂和盆地北界的阿尔金山前缘的阿哈堤断裂进一步活动，北侧迅速上隆，南侧下降；而盆地南侧的阿拉尔断裂其时南侧上升，北侧下降，致使形成受上述两组大断裂所控制的深坳陷并以此控制着深湖区的分布及其沉积。

由于其时坳陷沉降速度大于沉积速度，主体部位沉降了千米以上的以泥岩、钙质泥岩和泥灰岩为主、夹少量细、粉砂岩的岩系。这套巨厚的沉积均为灰色或深灰色，微细层理发育，富含静水环境的介形类化石，属典型的深湖—浅湖相沉积。但在靠近阿尔金山前缘，由于断裂北侧的迅速上升，坡降极大，碎屑物很快倾入湖中，在各河口的湖岸附近形成水下洪积锥，向外与湖相沉积紧接，呈现相变特别快、相带极窄的特点，再由水下洪积锥的沿岸展布构成水下洪积锥环带。

6. 上新世

自中新世后期开始，在渐新世—中新世沉积了巨厚湖相地层的基础上，柴达木盆地西部又开始了整体上升，致使湖盆沉积中心逐渐向盆地中部迁移。盆地边缘断裂对沉积的控制作用愈趋微弱，坳陷对沉积的控制作用渐为明显。导致盆地中部发育范围较大的宽浅湖泊。但由于不同时期湖岸线的东迁，在湖相沉积之上直接为河流三角洲沉积所覆盖，形成了下部为湖相生油岩系，上部为河流相砂质储集层的有利于成油的组合。如尕斯库勒、狮子沟、油砂山一带，在上部渐新统和下部中新统大套湖相沉积的生油岩系以上，即为河流三角洲相沉积。

7. 第四系

第三纪末期的晚期喜山运动使柴达木盆地随着青藏高原的急剧隆升而进一步抬升，主体沉降区已迁移至盆地东部。其时盆地周缘高山的进一步隆起并伴随发育的冰川活动，决定了在盆地西部相对大幅度隆升的阿尔金山南麓，展布了巨厚山麓洪积相沉积，盆地南北缘存在多类型的冰川沉积物。盆地广大地区虽然在总体上以灰色、浅灰色泥页岩为主的浅湖相沉积为主体，但由于多次冰期和间冰期的变更，温湿气候和冷旱气候的交替，水源的补给和蒸发条件的差异，致使大套浅湖相沉积内可夹有隶属于沼泽相的碳质泥岩、碳质页岩和泥炭薄层，并在该期湖泊的西北部多盐湖相沉积而东部却广泛分布着富含有机质的浅湖相地层。

二、沉积体系

自中、新生代以来，柴达木盆地已演变为闭流的内陆盆地，具有群山环盆的古地理背景。第三纪古、始新世至第三纪末期边缘山脉为盆地的沉积提供了大量的陆源碎屑，并通过山区的水系为完成沉积赋予必要的营力。每一个较大的水系，自山口至湖盆周边都有一定的流域面积和相带展布系列或组合特征——即沉积体系。

1. 沉积体系的划分（图 1-6-6）

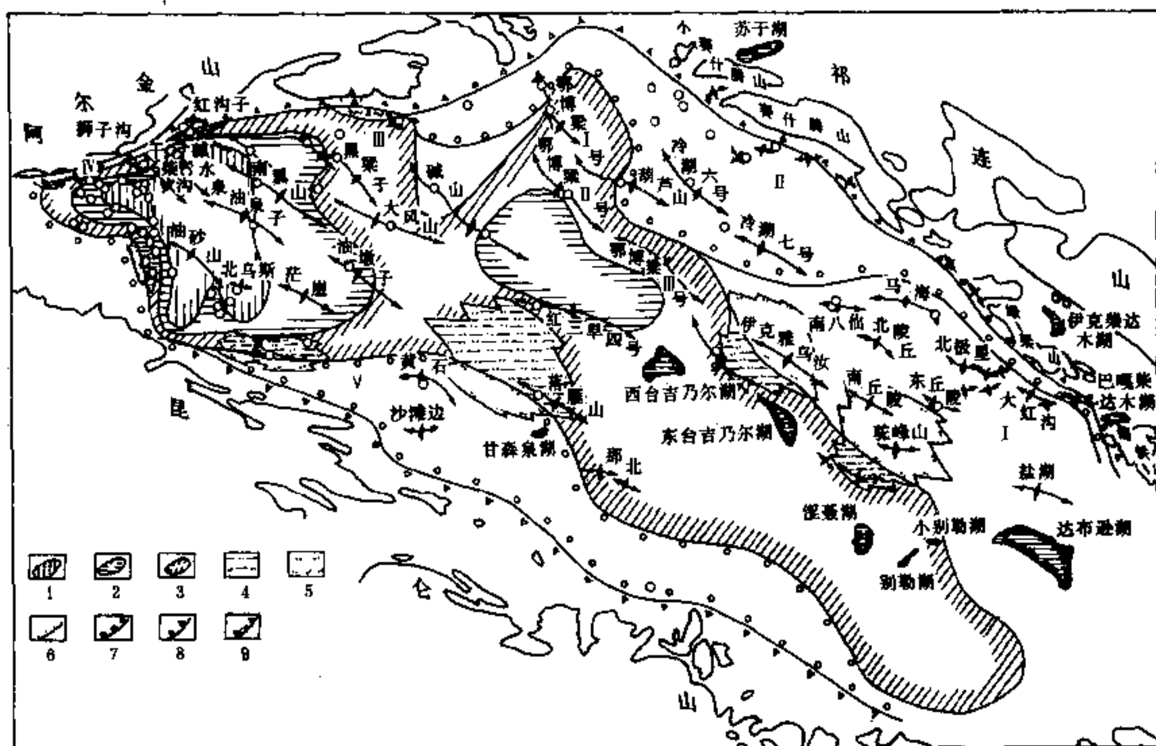


图 1-6-6　柴达木盆地第三系沉积体系图

1—深湖—较深湖；2—浅湖；3—滨湖；4—三角洲前缘；5—三角洲平原；

6—曲流河道—泛滥平原；7—辫状河道—泛滥平原；8—洪积锥；9—水下扇

自第三纪以后的地史和现今仍然存在的水系观察，北西—北西西向的主控构造线两侧的祁连山、东昆仑山，因与盆地有着纵长的共处领域，具有源区范围广布的特点，为盆地第三系长期、大量提供陆源碎屑的主要物源区。位于北西和东南（即盆地短轴方向）的阿尔金山及鄂拉山脉，因与盆地接触领域较短，蚀源区范围相对较小，为盆地的次要物源区。

2. 物源分区

每一个水系因其发源地及剥蚀区岩石、矿物组合的差异，往往能从重矿物的成分中得到反映。根据多年对第三系重矿物组合特征及稳定系数的研究，可将盆地划分为八个重矿物组合区（乌图美仁以东和德令哈断陷区，因资料及研究程度所限，目前尚未列入）（见表 1-6-9）。

现有资料表明，祁连山是第三纪沉积时，特别是上新世以前的主要物源区，昆仑山和阿尔金山是次要物源区。上述分析与孢粉资料所提供的有关山区上升高度，持续时间的长短以及由大水系组成的沉积体系相吻合（表 1-6-10）。

表 1-6-9　重矿物分区表

分区号	重矿物组合特征	分布范围
Ⅰ	锆石、榍石、石榴石、磁铁矿	尕斯地区—东柴山
Ⅱ	磁铁矿、角闪石、黑云母	沙滩边—乌图美仁
Ⅲ	石榴石、角闪石、绿帘石	七个泉—红沟子
Ⅳ	硅灰石、锆石	月牙山—小梁山
Ⅴ	锆石、石榴石	红三旱一号—鄂博梁二号
Ⅵ	绿帘石、角闪石、石榴石	冷湖—南八仙
Ⅶ	绿帘石、绿泥石、石榴石	南八仙—大红沟
Ⅷ	稳定系数高，又无单个高含量的矿物	一里坪—茫西

表 1-6-10　云杉粉分布层段及含量表

地　区	云杉粉含量		分布层段厚度（m）	上升剧烈程度，地势高低，持续时间长短
	一般含量	最大含量		
阿尔金东段 祁连山西段	12～23%	75%	300	上升剧烈，地势高，持续时间长
阿尔金西段 祁漫塔格山	5～13.6% 7～14%	57.4%	100 厚度薄	较阿尔金东段为低，上升较弱，持续时间短

以上从重矿物组份和孢粉资料方面在宏观上分析了划分沉积体系的地史概貌，现以当今的那仁郭勒河水系为例，剖析该水系发育分布的环境模式，作为盆地沉积体系分析的借鉴。卫星照片资料清楚地表明，该水系从山区发源地至盆地汇水中心区形成了一个完整的沉积体系，对研究干旱的内陆盆地中源远流长的水系和相模式很具有代表性。那仁郭勒河发源于博卡雷克塔格山，在山区走向谷槽（构造地貌洼地）中形成的由西北向东南流注，全长约150公里的顺向河，汇集了以南侧为主的河水，在布伦台东28公里处河流折向北东，经20公里的流程便流出山口，随后以散流方式形成第一个扇形粗碎屑堆积区。流经塔乌断裂后，因地势又趋平缓，故形成第二个辫状河流型扇形碎屑岩堆积区。在其扇缘处又汇入受北西向构造、地貌所控制的台吉乃尔顺向曲流河中，待流至那北构造东端，北西向构造地貌控制作用消失，代之以自南向北降低的平原地形，河流由会聚变为分散，并出现第三个分流河道型的扇形沉积区——三角洲平原区。该地区的河流在贫水期常出现废弃和改道，据研究，主河道曾改道三次：第一次河水注入西台吉乃尔湖；第二次注入东台吉乃尔湖；第三次（现今）常年性的水流从东、西台吉乃尔湖之间注入两湖。在西台吉乃尔湖迎水侧有三角洲前缘相的沉积，在背水侧湖水较深，盐度较高，沉积较细，沉积物的不对称性较强。上述特点在尕期库勒湖、达布逊湖依然存在，这对一侧为主要供水的湖泊来说，确实具有一定的普遍性。

据初步测算，这一沉积体系从辫状河至湖区的总流域面积达4500平方公里，其中辫状

河流区占 1325 平方公里；曲流河流区占 400 平方公里；三角洲分流平原区占 2325 平方公里；湖泊区占 500 平方公里。并具有两大两小的特点，即辫状河流区和三角洲分流平原区大，曲流河区和湖泊区小。两个大区均具有"洪水来时一大片，洪水去后呈一条或几条流水的状况"从总体上和相互关联上看，形成以下完整的沉积环境和沉积体系：

1）由洪水形成的洪积锥分布于山麓处，属于山麓陡坡相带（第一相带）；

2）山前倾斜坡地为辫状河流沉积的冲积扇或扇裙带（第二相带）；

3）冲积扇扇缘处顺盆地长轴方向（主控构造线）形成的顺向曲流河沉积区（第三相带）；

4）第三相带以下为分流河平原和泛滥洼地形成的沉积区（第四相带）。

5）第四相带以下为各种流水的最终汇水区，隶属于湖泊沉积区（第五相带）。

对盆地具体条件下的第三纪，若要形成较大的水系，首先在山区要有与构造线平行的顺向截流河，在盆地内又需存在平行或斜交于盆地长轴方向的河流——曲流河。如盆地东部的柴达木河、哈鲁乌苏河以及上面所提到的，长达 150 公里的那仁郭勒河等。这些河流都是源远流长的主控水系（或称长轴水系），具有较长的流域面积和比较大的影响范围。

上述相组合与环境模式，可借用于第三纪沉积体系的划分。根据相带鉴定标志和古环境的研究，划分了以下五大沉积体系：

1）东北部缓坡沉积体系（马海、大红沟、柘榴石—绿帘石矿物区）；

2）北部次缓坡沉积体系（冷湖绿帘后—角闪石矿物区）；

3）西部陡坡沉积体系（干柴沟、七个泉角闪石—柘榴石矿物区）；

4）西南部次陡坡沉积体系（祁漫塔格山前柘榴石—锆石矿物区）；

5）南部次缓坡沉积体系（磁铁矿、角闪石、黑云母）。

上述五大沉积体系与现代水系的关系甚为密切，现代水系是由古水系演变而来的，是古水系的延续或缩影。如源于南祁连山的塔塔棱河，鱼卡河以及路乐河，可能与马海，大红沟地区古水流同源于一个水系；赛什腾—冷湖地区的古河流，可能源于南祁连大、小哈尔腾水系；源于祁漫塔格山的阿拉尔河可能是西南沉积体系古水系的现今代表；沙滩边以东至乌图美仁地区洪积锥—辫状河沉积体系应受布尔汉布达山与那仁郭勒河古水系的控制；阿尔金山近代无较大水系分布，且多为间歇性的失尾河，由该区第三系岩性和岩相的特点来分析，在第三系的整个沉积过程中也可能无大型的古水系分布。

3. 沉积体系的特点

(1) 东北部缓坡沉积体系—马海、大红沟沉积体系　下干柴沟组沉积时期，大柴旦附近的岩性组合为厚层砾岩夹红色砾岩，据古河流水文参数计算，河宽 50 米，流量较小，表明上游即为山区河流。

上干柴沟组沉积时期，沉积物变细，很少洪积锥沉积，所见含量很少的砾岩，仅代表河床相底滞砾岩的沉积。在大红沟地区出现了一套河流相砂岩复合体，单层最大厚度 35 米，一般厚度为 5～25 米，累计厚度 711 米，占渐新统上部至中新统下部地层总厚的 70%。有的剖面单层最大厚度约百米左右，累厚可达 800 米，同时还具有稳定沉积的特点。据古水文参数分析，河宽 26～109 米，河深 5～200 米，流速 34～39 厘米／秒，流量 22～18 立方米／秒。说明该沉积体系的湖区具有稳定而充沛的水流补给，在缓坡区的水流方向与主控方向斜交，进入南东—北西向倾斜区或北西向洼地区，水流方向便会顺长轴方向流动而形成大的河流三角洲体系。根据大红沟一带砂体的沉积环境类型，预测东陵丘、南八仙一线以南的地

区应是三角洲平原的沉积区，并已在东陵丘见到了比较发育的分流河道砂体，为柴达木盆地第三系砂岩体最发育的地区。上下干柴沟组砂岩层总厚度为：548～1015米，与渤海湾盆地沙河街砂岩厚度接近，远大于松辽盆地早白垩世北部砂岩体厚度。

(2) 北部次缓坡沉积体系—冷湖沉积体系　位于赛什腾山西南的赛西、冷湖地区在古、始—渐新世早期接受了洪积锥前缘的沉积，在锥体的间断面上发育了一些间歇性辫状河流沉积，并在地面露头上可追踪河床变迁的过程。据水文参数分析，河宽21米，河深24米，流速36厘米／秒，流量39立方米／秒。表明河流不但有一定的规模，同时也有一定的稳定性。该区从下干柴沟组时期具雏形的间歇河发展至下—上干柴沟组时期已成为常年性的辫状河，接受了以河型砂岩为主的沉积。在时空分布上形成由洪积锥—辫状河道——滨湖沙滩的沉积体系。

该体系包括冷湖三号至赛西地区的洪积锥，冷湖四、五号以及潜西地区的辫状河道—泛滥平原沉积。比较稳定的湖滩砂岩预测分布于葫芦山—鄂博梁二号，冷湖七号一带（图1-6-6）。据钻进资料的统计，碎屑岩含量为25～35%，暗色泥质岩含量为25～40%。

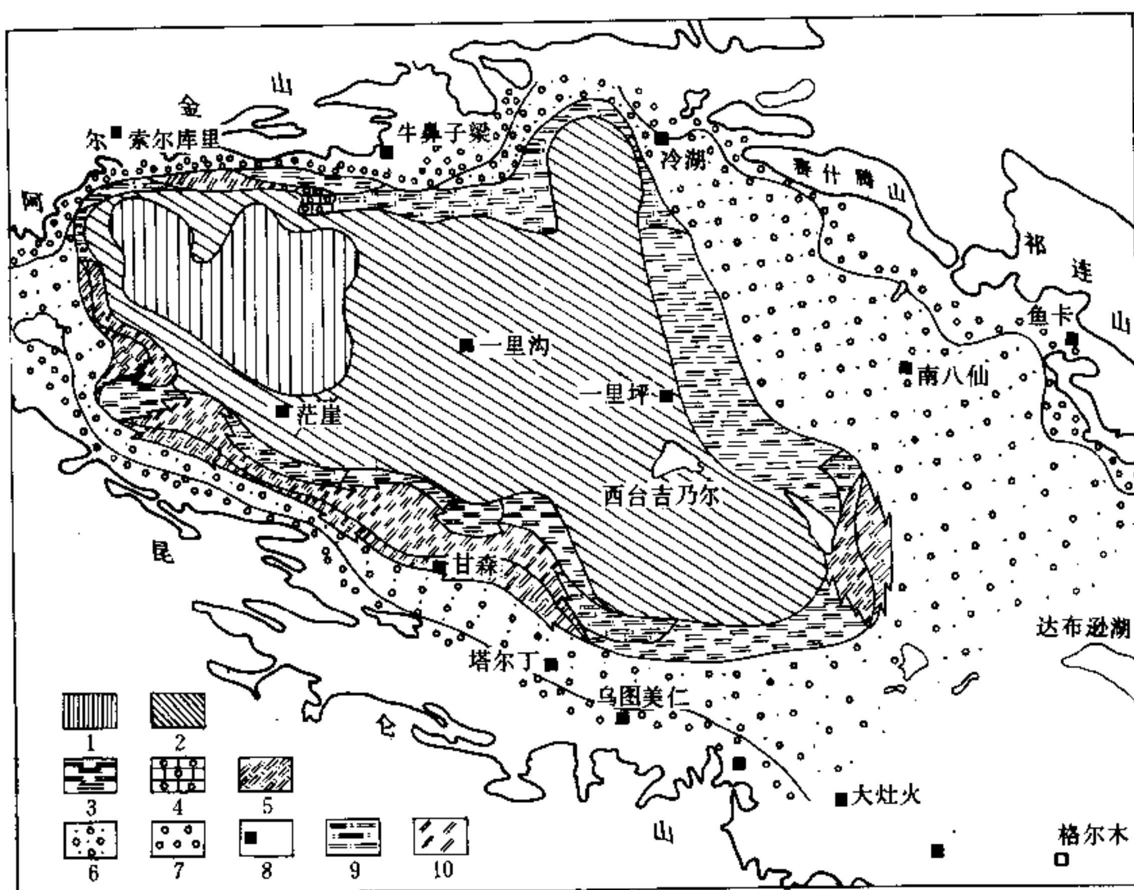


图1-6-7　柴达木盆地下油砂山组沉积相略图

1—较深湖；2—浅湖；3—浅湖沙滩；4—浅湖三角洲；5—三角洲平原；6—辫状河流；7—洪积；8—地名；9—滨湖沙滩；10—三角洲前缘

(3) 阿尔金斜坡东段沉积体系　该沉积体系位于盆地北部偏西阿尔金山南麓，西起月牙山，东至昆特依凹陷主体部位，南至茫崖坳陷与一里坪坳陷主体部位以北。本区从 E_3^1—N_2^1

时期其沉积环境变化较大，可分为两个阶段:

第一阶段　E_3^1时期由于盆地湖盆小而分散，水上沉积分布广泛。沿阿尔金山前缘洪积锥发育，锥体相连成带且又在各自的水系作用下向前推进。其中比较发育的有红三旱一号一高点、牛东、鄂博梁一号等锥体。这一时期的锥体，由于水动力条件强，因此形成锥体规模大，最大分布面积达 525 平方公里，砾岩占锥体地层厚度 99.4%，单层最大厚度达 146.9 米。在锥体前缘常发育辫状河或曲流河沉积。如牛东潜伏牛参 1 井经钻探第三系自下而上为一套洪积锥沉积，其中又以 E_3^1 锥体规模最大。其前缘的碱山碱 1 井 E_3^1 地层具有砂层多而薄，粒度粗，分选差，泥质岩多为棕红色夹少量灰色，表明其时河床宽而浅，不稳定的辫状河道沉积。向南到大风山一带，风 2 井钻探则见到以砂岩、细砂岩、粉砂岩为主的曲流河道沉积。

第二阶段　E_3^2—N_2^1时期，由于 E_3^1 末期盆地发生大规模地水进，湖岸线直抵阿尔金山前，除红三旱一号一、三高点—牛东—鄂博梁一带还保留有狭窄的洪积锥、辫状河道沉积外，其余地区则为湖相沉积，也有不少洪积锥体伸入到广阔的滨浅湖相带之中，形成水下洪积锥沉积。随着 E_3^1 末期快速水进，在原河道—泛滥平原沉积之上形成了较广阔的滨浅湖相带。由于 E_3^2—N_2^1 水系不发育，陆源碎屑物质相对缺乏，因此除在离岸线较近的滨浅湖区发育水下洪积锥砂砾岩体、小型扇三角洲砂岩体及一些滨、浅湖滩砂沉积外，广大区域包括茫崖坳陷主体部位的较深湖相带内则是以深灰色、灰色、灰绿色泥岩、钙质泥岩沉积为主夹泥灰岩、石灰岩及薄层粉、细砂岩条带。在一些波浪作用较强的地区，如尖北潜伏构造等，出现鲕状灰岩沉积。

(4) 西南部次缓坡沉积体系——阿尔金斜坡西段沉积体系　该区是在一系列鼻状基岩造成局部隆凹不平的古地貌背景上开始接受第三系沉积的，由于受阿尔金大断裂的控制及一些山前断裂的影响，使古地貌呈北西—南东走向的斜坡。在 E_3^1—N_2^1 时期，因湖岸陡，气候干燥，在老山边缘的狭长陡坡地带，发育了若干洪积锥砂、砾岩体，其前端往往伸人滨浅湖相带之中形成水下洪积锥沉积。在一些由断层造成的陡坡地带由于受重力作用，水下洪积锥向下滑塌，与湖水混合，形成一种混浊状的高密度流亦名重力流，一直流向凹陷底部，形成具粒序层理的浊流沉积，构成了阿尔金斜坡西段特有的沉积环境。经地面调查和钻探证实，在阿尔金斜坡西段，已发现七个泉、干柴沟、咸水泉、红沟子等四个洪积锥体，其锥体单层厚度较大，且砾岩百分含量高，在平面上与古地貌的坡度有着密切关系。水下洪积锥主要见于七个泉构造井下和干柴沟构造，E_3^1 层位成为这一构造的主要储油层。

(5) 南部次缓坡沉积体系——昆仑山北缘沉积体系　指沙滩边至乌图美仁之间的地区，相当于现今那仁郭勒水系所包括的流域。根据沙滩边地面露头，弯西、乌图美仁钻井资料和岩相图（图 1–6–5），该区第三系剖面主要由粗碎屑岩组成，与砂砾岩体伴生的泥质岩主要为红色和棕黄色并具有下红上黄，不含或很少化石的特点，属于洪积相和河流泛滥平原相沉积。岩性由乌图美仁向弯西和沙滩边逐渐变细，相带在空间上的配置顺序是：洪积相—河流泛滥平原相—湖泊边缘相（滨湖沙滩、灰泥滩、生物滩）。在沙滩边一带，自下干柴沟组至下油砂山组沉积期一直处于湖泊边缘地区，因而自老至新自下干柴沟组开始接受了滨湖沙滩沉积和含石膏的半封闭浅滩（或蒸发湖湾）的沉积。总体经历了一个由开阔性湖滩向半封闭湖湾的演替过程，明显区别于发育三角洲类型砂体为特点的东柴山地区。

第四节　砂 体 类 型

柴达木盆地中、新生代两个不同的演化阶段在不同的构造部位各有不同类型砂砾岩体的形成和分布。其中与中、新生代湖盆主要发展时期相联系的湖缘砂砾岩体有利于油气聚集，为一个重要的储油目的层。属于湖缘砂砾岩体沉积环境成因的有以下类型：

1）小型三角洲砂砾岩体；

2）非常规三角洲砂岩体；

3）水上洪积锥（冲积扇）砂砾岩体；

4）水下洪积锥砂砾岩体；

5）辫状分流河道砂岩体（扇三角洲）；

6）滨湖滩砂岩体。

此外，具有聚油条件、但居于次要地位的砂砾岩体尚有：辫状河型砂砾岩体，曲流河型砂砾岩体，浅湖断续薄砂层及砂岩条带。在南翼山，油泉子、咸水泉、开特米里克、尖顶山和狮子沟深层，碳酸盐岩和泥岩的缝洞中亦已获得了工业油流；这可作为柴达木盆地特殊的一种储集类型。

一、中生代

根据地层层位，岩性岩相特征及构造发展可分为三个演化阶段：晚三叠世至早侏罗世演化阶段；早、中侏罗世演化阶段及晚侏罗世至白垩世演化阶段。不同构造地理区所代表的主要演化阶段，具有不同类型相砂砾岩体产出条件。

1. 冷湖区晚三叠世水下冲积扇砂砾岩体

晚三叠世在接受了较薄的红色粗碎屑沉积后很快形成湖泊。由于强烈地断陷作用，古地形起伏较大，从而使湖泊沉积具有丰富的陆源碎屑供应，河流作用的影响可波及湖中，并形成一套与湖泊沉积相伴生的水下冲积扇碎肩沉积。

经冷湖三号取芯证实，该套地层由暗色泥质岩与大小砾石混杂、成分复杂的砾岩呈间互层。而与冷湖三号仅相距10～16公里的冷湖四号构造，岩性却与冷湖三号显著不同。如冷湖三号砾石成分复杂，暗色泥质岩块和杂基含量高，而冷湖四号砾岩的成分以单一的辉绿岩为主，杂基含量少。与冷湖四号仅相距4公里的赛深1井所钻遇的基岩为辉绿岩，显然两者间存在着成生联系。冷湖三号地区的砾石应由另一不同类型的母岩供给。以上例子反映了沉积的近物源和多物源的特点。

该砾岩除杂基支撑大小混杂外，且发育冲刷充填构造。由石深3井和深85井的粒度概率曲线和CM图形特征看，它与河型砂体曲线类型不同，而与水下冲积扇高密度碎屑流的特征基本相似。因而该类型的砂砾岩体的物性甚差，渗透率普遍偏低，最大的为0.7～10.7 $\times10^{-3}$平方微米，平均为0.19～1.48$\times10^{-3}$平方微米。

2. 冷湖地区下侏罗统扇三角洲砂砾岩体

由晚三叠世进入早侏罗世，该区又处于上升与湖泊迅速收缩阶段，相应的湖缘沉积相继出现。由以下判相标志分析，应具有辫状分流河道型扇三角洲，三角洲平原相的砂体特征。

岩性由下而上变粗，以中砂岩、砾状砂岩、含砾砂岩为主，沉积构造发育（如牵引流构造、前积交错层理、楔形交错层理等）。由石地22井粒度概率曲线分析，应属辫状河型三角洲成因的砂体类型。再从石地22井、中14井等井的碎屑岩成分多为石英砂类型的特点表

明，该套砂砾岩体有着与上三叠统不同的物源供给区，以物源较远和沉积作用缓慢的特点，区别于年轻造山带的母岩成分和沉积方式。岩石孔隙结构类型以原生型粒间孔占绝对优势，次生的或沉积后的粒内孔、晶间孔，粒间裂隙等小而零星，只占很次要的地位。该套地层形成于湖缘环境，具有较好的物质成分和孔隙结构，因而储集层物性显著比上三叠统砂砾岩体要好。

3. 大煤沟区中、下侏罗统曲流河型砂砾岩体

属河湖共生与转化的序列，但河流相占绝对优势，湖相（包括滨湖、滞冰封闭湾）地层在剖面中仅出现4次（表1-6-11），因而砂体显示湖缘环境的沉积特点。河床相砂砾岩沉积构造发育，自下而上层理构造的组合及演替序列依次为冲刷充填构造、底滞砂砾岩、槽状交错层理、波状交错层理和平行层理。这些特点在层厚5米以上的砂砾岩体中发育最为完善。伴生相有沼泽沉积、岸外沉积和泛滥平原沉积。粒度概率曲线均具二段式曲流河型的特征。这种与湖泊具有共生关系的湖缘河流，具有源近流长、水草丰盛的环境特点。因而这些河型储集层不缺乏物性较好、喉道粗、结构理想、成熟度较高的石英砂岩。

表1-6-11　湖相层段统计表

1	出现于大煤沟组（J_2^1d）中部	厚7.88m	纸状页岩、油页岩
2	出现于大煤沟组（J_2^3d）上部	厚95.94m	黄绿色泥岩、紫红、酱紫辉绿岩
3	出现于大煤沟组（J_2^7d）上部	厚53.74m	泥岩夹砂岩、粉砂岩、纸片状油页岩与泥岩、纸片状泥岩
4	出现于采石岭组（J_2c）上部	厚118.57m	杂色泥岩段

4. 大煤沟—鱼卡地区上侏罗统曲流河型砂砾岩体

从上侏罗统红水沟组开始，地层变红，为含砾砂岩，中细—粉砂岩与土红、棕红色泥质砂岩、泥岩组成的演替序列，属河流泛滥平原沉积。沉积环境比中下侏罗统单调，无湖缘复杂多变型相的特点。单个旋回均为由下向上变细的旋回组成。河流水动力减弱，仅发育小型交错层理。每一正旋回自下而上由河道底砾（或河道砂）岩，河漫砂岩、河漫泥岩（或泛滥盆地红色泥岩）组成。与中下侏罗统相比较，自生矿物和动植物化石极不发育，处于大面积缓慢上升的氧化环境中。

5. 大煤沟—鱼卡地区白垩系冲积扇——辫状河型砂砾岩体

随着盆地的全面上升和侵蚀基准面的下降，在有充足碎屑供给的情况下形成了一套包括冲积扇在内的河流沉积体系，具有"泛砂砾岩体"的分布特点。部分地区有弱氧化湖泊形成。

在地层剖面中的砂砾岩含量普遍较高，部分剖面全部由砂砾岩组成。如白水河、红山剖面（德令哈区）及路乐河剖面等。对比表明，该套地层岩性厚度变化均较大，具有冲积扇、辫状河型泛滥盆地不稳定沉积的特点。由此看来，从中下侏罗统至白垩系，本区经历了一个由湖泊与湖泊边缘相（河流-沼泽沉积）——曲流河型泛滥平原相—辫状河型泛滥平原相—冲积扇（洪积）的演变层序。

二、新生代

柴达木盆地第三系砂体类型及分布，严格地受湖盆性质、演化过程和沉积体系的控制。其主要发展期具有统一的沉积中心及环状—半环状相带分布的模式，其特点是相类型繁多和湖缘砂砾岩体发育而稳定湖内砂砾岩体比较贫乏。

1. 第三纪早期单一类型的砂砾岩体

据地面露头和钻井资料，第三系具有以下特点：岩性剖面由灰棕、棕红色砾岩、砾状砂岩夹棕红色砂岩、泥质粉砂岩及少量棕褐色砂质泥岩组成；砂砾混杂、分选差，砂岩分选系数为 1.22～3.4，以铁、土质胶结为主，多为快速沉积的块状层；除发现少量轮藻化石以外，其他生物化石稀少或无化石；砂砾岩体形态为透镜状，冲刷充填构造发育。经钻探证实，在冷湖三号本套地层已成为中生界油藏的盖层；冷湖四、五号、潜西地区和马海构造西南翼见有含油显示；储集层物性变化较大，从差—中等—较好，与克拉玛依洪积锥砂砾岩体储油层物性资料相比，其砂砾岩体的储油物性也有较好的（见表 1−6−12）。

表 1−6−12　砂砾岩物性数据表

剖面＼项目		孔隙度（%）		渗透率（μm^2）		单层厚度（m）	
		平均	最大	一般	最大	一般	最大
大红沟	上部			$<1\times10^{-3}$			
	下部			158.8×10^{-3}			
马海		19.2	22.6	304.2×10^{-3}	571×10^{-3}	3～5	20
无柴沟		14	22.1	149.3×10^{-3}	340×10^{-3}	2～3	11.5

2. 第三纪早、中期多类型砂砾岩体（渐新世—中新世）

（1）水上洪积锥（冲积扇）砂砾岩体，分布于大山边缘，以阿尔金山前最发育，次为祁漫塔格山前和小赛什腾山前。据统计，除洪积锥尾部砾岩单层厚度较薄，碎屑岩含量较低（约 40～50%）外，其余含量高达 60～100%，单层厚度一般为 13～64.1 米，最大厚度达 146 米。由下干柴沟组至上干柴沟组自下而上为正旋回沉积。扇中沉积的岩石组合以砾岩、砾状砂岩为主，夹少量砂质泥岩。砂砾分选较差，圆度甚低，属突发性洪水形成的碎屑流产物。岩石颜色为棕红和褐红色，细粒沉积物不发育，所夹棕红色砂质泥岩为洪水泛滥期辫状分流河道间的沉积物。扇缘沉积（亚相）以干柴沟中 1 井较为典型，由浅褐红色、棕红色含砾泥岩、粉砂岩和少量砾状砂岩、泥岩组成。自然电位曲线呈变幅齿型过渡至等幅型。该类砂砾岩体，已成为干柴沟构造含油储集层，油气显示广泛。含油程度以砾岩最高，可占含油岩总厚的 28～83%，砂岩粉砂岩次之，砂岩占 1.4～33%，粉砂岩占 3.8～29.00%（见表 1−6−13）。

（2）水下洪积锥（冲积扇）砂砾岩体　主要分布于西部陡坡交互进积的水上洪积扇—水下洪积扇沉积体系中。

在七个泉油田下干柴沟组下段上部为砾岩、砾状砂岩、粉砂岩含油，下部为致密粉砂岩

含油。在干柴沟具有交互进积的三层结构，不同于水下浊积扇、扇三角洲或吉尔伯特型和其他类型的三角洲。有湖相介形类、水螺以及轮藻分布。砂砾岩呈楔形向盆地方向尖灭，在楔体的前缘部分则呈指状或条带状。据七个泉和西岔沟样品分析资料，砂砾岩体储集层以粒间孔隙为主要储集空间，尚有杂基内孔隙，支撑孔隙等。平均孔隙度为12.9%，平均渗透率为 15.1×10^{-3} 平方微米。

表1-6-13　干柴沟构造各类岩性含油数据表

剖面	含油岩＼岩性	砾　岩	砾状砂岩	含砾砂岩	砂　岩	粉砂岩	泥岩及砂质泥岩	累　计	百分比
西岔沟	厚　度	244.41	12.02	5.86	17.61	34.11	20.45	334.46	100
	百分比	73.10	3.59	1.75	5.27	10.17	6.12	100	
分水岭	厚　度	40.07	17.11	24.86	47.73	13.97	0.92	144．68	100
	百分比	27.65	11.82	17.43	32.90	9.60	0.60	100	
干柴沟	厚　度	56.85	16.93	0.50	6.48	34.34	3.00	118.10	100
	百分比	48.20	14.40	0.40	5.50	29.00	2.50	100	
柴北沟	厚　度	505.28	6.92	15.70	8.37	23.10	51.41	610.78	100
	百分比	82.70	1.13	2.58	1.37	3.78	8.44	100	

(3) 辫状河流型砂砾岩体　分布于北部次陡坡（沉积）的洪积锥——辫状河道泛滥平原—滨湖砂滩组成的沉积体系中。经对冷湖地区的研究工作，获取以下认识：

剖面为透镜状砂砾岩体与棕红色泥质岩间互层。该类砂砾岩体小层多，变化大，连续性差。据530井系统取芯资料，砂岩体具有下粗上细的正韵律，底部常见冲刷充填构造。赛心1井下干柴沟组综合数据表明，本区辫状河流型砂岩体具有较好的孔隙结构，其特点是排替压力低，孔隙相对均匀，有效孔隙空间相对较高，具有长距离搬运的特点。从冷湖区下干柴沟组所取得的物性资料分析，砂岩体的储油物性具有由冷湖四号北区向中区和潜西地区变好的趋势，一般孔隙度为15～18%，唯渗透率变化较大，但上述趋势仍然存在。

(4) 曲流河型砂岩体　分布于盆地东北部，属缓坡性沉积体系的主要组成部分。介于马海—小柴旦至东陵丘—南红沟之间，除南八仙外，其余均出露于地表，属于高弯度的曲流河类型。

岩性为一套灰绿、灰色砂岩与棕褐、棕红色泥岩间互层。砂岩层厚度大，层数多，延伸远，分布面积广，河道砂体占地层总厚的48～87%。砂岩中沉积构造发育，具有曲流沙坝的典型层序，如大红沟南翼点沙坝序列。砂岩粒度具有下粗上细的正旋回特征，自然电位曲线为钟形，多具切割和充填的河道砂岩沉积特征，当砂岩层底部曲线发生偏斜时，则表明有一陡峭的侵蚀接触面。马海构造下干柴沟组下段的砂岩体在自然电位曲线上呈筒状或块状显示。本区地层古生物化石种类稀少，主要为植物根茎和碳质条带，零星见少量介形类及腹足类化石。如大红沟南翼、马海深6井的湖花介和小玻璃介，以及大红沟所见的一层水螺等。

砂岩体一般较稳定，延展较长，为柴达木盆地物性最好的储集层。据马海构造渐新统—中新统的粗—细砂岩分析资料，孔隙度为25～26.3%，渗透率可达626～8930×10^{-3}平方微米；大红沟、无柴沟的孔隙度虽然相对较小，但渗透率绝大多数在322.8×10^{-3}平方微米以上。

(5) 非常规三角洲砂岩体　由上节沉积体系的描述可知，组成西南沉积体系的骨架要素，既不同于正常河流三角洲砂岩体，也不同于扇三角洲砂岩体，故暂命名为非常规三角洲砂岩体。

剖面下部厚40～50米，以棕红色砾岩、砾状砂岩及含砾砂岩为主，向上变为深灰色泥岩夹粗、中砂岩；中部厚100～150米，以棕红色泥岩为主，夹厚度不等的细砂岩和粉砂岩，局部见含砾砂岩，见有轮藻化石；上部为厚30～40米的红灰过渡段，后渐变为灰色、深灰色泥岩夹泥灰岩。从总体上看，自下而上为一变细的正韵律并可分出四个岩相段：第一段为洪积相；第二段为河流（干流）泛滥平原相；第三段为湖泊边缘相；第四段为稳定湖泊相。在上述不同类型的相序中，因具有分布于扩张湖区的干流河道砂体特征而有别于正常河流三角洲和扇三角洲砂体。所含化石中既有湖泊属种及静水属种的光滑南星介、柳桥水螺、矮小克氏轮藻—潜江扁球轮藻组合，也有河流相或流动水属种，如浪游土星介及河星介等。

在沉积构造方面，具有河流型沉积构造序列，冲刷—充填构造、板状交错层理、波状交错层理直至顶部的块状层理较发育。本套地层在尕斯库勒地区已成为主要的钻探目的层。

(6) 小型三角洲砂岩体　第三纪湖泊，从中新世晚期开始，由盆地西部边缘向盆内转移和退缩，因而在尕斯断陷区出现了大面积的水退型沉积。位于小河入湖处的跃进、狮子沟、油砂山及东柴山等地，发育了一些小型三角洲，并已成为该区的主要储油层。已知浅部储油层都主要由该类砂岩体组成，其中以出露于油砂山地表的油砂露头最有代表性。

该露头油砂层位属下油砂山组，累计厚度167米，最大单层厚度可达7米，集中分布范围约1.5平方公里，零星分布范围可达12平方公里。油砂岩性以砂岩为主，粉砂岩次之，可见少量砾岩，含砂砾岩。根据跃进井下样品薄片定名为硬砂质长石砂岩，个别为长石硬砂质石英砂岩，为水上三角洲的分流河道砂岩及其水下延伸部分的沉积。前者砂岩体具有河流型斜层理及冲刷充填构造，后者砂岩体可见人字形对称波痕。

与砂岩体相伴生的有滨浅湖相绿色和杂色泥岩，虫孔发育并含有湖相介形类——油砂山介。分析资料表明，该砂岩为盆地西部地区物性最好的砂岩体。

(7) 浅湖断续薄层砂岩及砂条　这类砂岩体分布于浅湖之中，以尖顶山油田浅油藏为代表，具有以下特点：

岩性由浅湖相大套泥质岩夹薄层泥灰岩、钙质泥岩及少量的薄砂层、薄砂条带组成。砂层一般厚10～20厘米，个别可达4.5米，砂条厚度大多小于5厘米，一般为2～3毫米，常成组成段出现。每组每段由数条至数十条不等，多呈透镜体结构。

(8) 滨湖沙滩砂体　分布于北部次缓坡沉积体系与西部陡坡沉积河流湖泊交互进积地区，是远离河口的岸型沉积物。冷湖五号油田上干柴沟组至下油砂山组地层中，与湖相蓝灰色泥岩及滨湖相杂色泥岩具有共生关系的含铜砂岩体，应是滨湖滩砂的组成部分。其岩性较辫状河流区为细，可相间出现湖相暗色泥质岩和滨湖相杂色泥岩，且其中砂岩除普遍较河成砂岩变细、变薄和分选较好外，特别以波痕小型多向的交错层理、波状交错层理为特点。据三个地区岩性统计资料：由冷湖东侧的潜西地区，经冷湖五号向鄂博梁湖湾区，岩性迅速变细，暗色泥质岩含量最高可达地层总厚的55～56%（见表1–6–14）。

3. 第三纪晚期（N_2）类型单调的砂砾岩体

进入第三纪晚期，柴达木盆地处于洪积锥（冲积扇）——萎缩性湖泊沉积组合的发展阶段。盆地（主要物源）南、北两翼继续发生水退，以洪积锥—辫状河为代表的水上沉积向盆地内扩大，水下沉积范围南北变窄，东西拉长，水体变浅、变咸。岸区沉积类型由中早期的复杂变为单调，由边缘向中心主要由三类砂体组成：

表 1–6–14　两类岩性统计表

地　区	潜伏地区		冷湖五号		鄂博梁Ⅲ号	
层位＼含量	暗色泥岩	碎屑岩	暗色泥岩	碎屑岩	暗色泥岩	碎屑岩
上干柴沟组 N_1	17.78	27.2	19.7（深33井）	15.1（深33井）	39.81	24.4
下干柴沟组 E_3	7.39	13.5	19.86（深83井）	31.14（深83井）	34.87	26.19

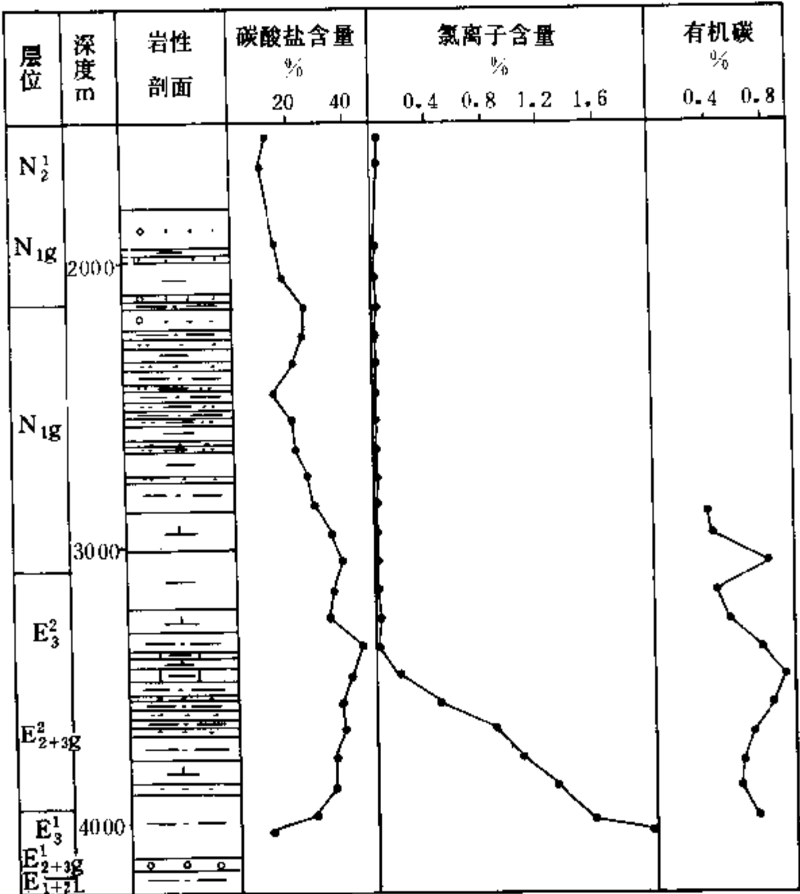


图 1–6–8　柴达木盆地第三系碳酸盐含量百分比图

1）洪积锥（冲积扇）—辫状河砂砾岩体　广见于盆地周边，以盆地南北缘最为发育。盆地北缘、西缘和西南缘，除向斜洼地外，都出露于地表；在东南缘为第四系所覆盖，经乌图美仁地区钻探证实，为一套粗碎屑岩沉积。

2）滨湖滩砂岩体　在盆地北部发育于冷湖构造带以南，包括鄂博梁Ⅱ号、Ⅲ号地区。由地层最低级的韵律结构分析，沉积区位于水上水下沉积叠次更替频繁的部位。

3）浅湖相薄砂层　位于一里坪凹陷的旱2井，揭示了该期此类型砂体的地层剖面，自下而上岩性组合为：下部厚1050米为灰色、深灰色钙质泥岩、粉砂质泥岩夹泥灰岩和较多薄层粉砂岩；中部厚767米为灰色粉砂质泥岩、棕褐色钙质泥岩夹泥灰岩和粉砂岩；上部厚1220.5米为灰色、深灰色钙质泥岩、粉砂质泥岩夹灰色、灰黄色泥灰岩及少量粉砂岩。

由上述岩性组合可知，该套地层的粉砂岩均为湖相钙质泥岩，粉砂质泥岩的夹层，钙质含量大于20%，属于浅湖区的沉积物，具有含量少、颗粒细的特点。据统计，粉砂岩含量为地层总厚的3.04～16.75%，往下部（下油砂山组）粉砂岩层虽有增加，但由于碳酸盐含量较高（12.8～30%）（图1-6-8），物性较差，孔隙度一般在7.3～7.8%之间，最大者也只有8.6%，渗透率一般小于0.1×10^{-3}平方微米，因而不是较好的储集层。

第五节　储　集　层

在一个盆地或地区从石油地质观点进行沉积相的研究，其主要目的，在于寻找不同时代地层的有利生油和储集相带，特别需要明确生油层与储集层配置紧密的地区，因为这些地区将是从总体上控制着油气藏形成和聚集的主要场所。对储集层类型和物性的研究又是认识油气藏能否富集和高产的基本条件。如前所述，柴达木盆地经过三十多年的勘探实践和研究，在已探明17个油田和5个气田的基础上，对生油层和储油层的分布和特征已有基本了解，现就盆地已知油气藏储集层的类型和分布特征阐述于后：

一、储油层类型

根据目前已知油气藏的储集层性质，可分为三个大类：一为砂质岩储油层，二为缝洞型储油层，三为晶屑灰岩储油层。其中以砂质储油层最为理想，如位处盆地西部南区的尕斯库勒、花土沟和油砂山等大、中型油气田的储油层和盆地东部天然气田的储气层，即属此类。晶屑灰岩储油层仅见于跃进二号西高点的跃地一井，根据岩相分析属于湖滨相的沉积环境。而缝洞型储油层在盆地分布甚为普遍，但限于以往的认识程度，一直未能给予应有的重视。自1984年和1985年在狮子沟深层和南翼山中深层裂缝井段获得高产，特别狮20井经过较长时间的试采，确证具有很好的产油潜力和稳产条件后，今后无疑将作为主要勘探对象之一加以钻探，深信该类储油层将随着勘探方法的改进和认识的不断提高，将为柴达木盆地的产能建设提供丰富的物质基础。

1. 砂质岩储油层的特点和分布

本类储油层见于已知17个油田中的13个，占油田总数的76.4%，这些储油层分布于盆地西部南区的油砂山见图版二中照片6–9、砂西、尕斯库勒、跃进二号东高点、花土沟、狮子沟、乌南——绿草滩、红柳泉、七个泉和西部北区的尖顶山以及北缘块断带的冷湖三号、四号、五号和鱼卡油田；盆地东部的5个天然气田，其储气层亦均属此类。由这些不同时期，砂质岩储集层的分布现状，清楚地反映与当时湖岸线位置的密切联系，其特点是储集油、气的有利相带都在岸线附近。岸线以内湖相环境为生油区，沿岸线附近为储油岩发育区，并沿主要物源方向形成河流——三角洲砂岩体，为形成油气田提供了良好的储集条件，因此，准确划分湖岸线是盆地寻找油气田的关键之一。湖岸线是陆上沉积与水下沉积的分界线，但是由于柴达木内陆湖盆湖水受季节性气候的影响很大，所以湖岸线表现为一个带而不

是一条线，这种汛期与枯水期间沉积的带状宽度为数公里，最大可达 10 公里左右。上述 13 个油田均分布于湖岸线附近。

如位处昆北斜坡西段的尕斯地区，E_3^1 三角洲平原分流河道砂岩体为第三系的主要储集层及勘探对象。其特点是：生储盖配置关系好，这是由于沉积了 E_3^1 地层后的快速湖进，在分流河道砂岩体之上沉积了一套很厚的暗色生油岩系。油气生成之后，随着内部异常高压区压力的释放而运移至低压区的储集层中而形成油藏；并由于断层作用使上升盘的分流河道砂岩体与下降盘的生油岩系相接触，形成短距离的侧向油气运移进入储集层中而形成油藏；另一特点是油层物性分析一般较好，E_3^1 油藏储集空间主要为孔隙型储油，油层孔隙以次生孔隙为主，原生孔隙为次，由薄片鉴定资料说明 E_3^1 分流河道砂岩体具有丰富的次生孔隙，声波时差资料也证明了这一特点。孔隙半径一般在 0.1～25 微米，孔喉半径平均值一般为 3～4 微米，根据毛管压力退汞曲线分析，E_3^1 油藏在理想条件下，岩芯的水驱油效率在 50～60%，平均有效孔隙度 15.8%，平均空气渗透率为 48×10^{-3} 平方微米，有效渗透率为 26×10^{-3} 平方微米，油层润湿性为亲水性。加之油层埋藏较深，大于 3000 米，因而压力、温度较高，采收率也较高。

现在发现的马海气田，储气层为 E_3，为曲流河道砂岩体，一般物性较好，平均单井气层厚度 12 米，单井气层层数达 7 层；在南八仙构造上所钻的深 2 井、深 3 井在 E_3～N_2^1 地层中均见到了不同程度的油气显示。

冷湖油田以辫状河道砂岩体为主要储集层。资料表明，冷湖油田由北向南，辫状河道砂岩体粒度由粗变细，物性逐渐变好。为冷湖四号油田中、北区 E_3^2 含油层段（K_2～K_5）之间油层物性统计（表 1-6-15）。表明各相同层位油层物性中区比北区好，在开发过程中单井日产量、单井累计产油量或每米油层累计产油量，中区均高于北区，说明辫状河道砂岩体的岩性、物性、含油性下游比上游好。

表 1-6-15　冷湖四号油田中、北区 K_2—K_5 油层物性统计表

层　位	北　区		中　区	
	孔隙度 %	渗透率 μm^2	孔隙度 %	渗透率 μm^2
K_2—K_3	17.1	$10^{-3}\times1.5$	16.9	$10^{-3}\times64.4$
K_3—K_4	16.5	$10^{-3}\times13.1$	16.4	$10^{-3}\times60.0$
K_4—K_4^1	15.6	$10^{-3}\times20.0$	16.0	$10^{-3}\times212.7$
K_4^1—K_5	13.5	$10^{-3}\times9.4$	17.0	$10^{-3}\times275.8$

阿尔金斜坡西段从 E_3—N_2^1 时期，较深湖相带分布面积广，暗色泥质岩沉积厚度大，生油指标较高，是茫崖坳陷主要生油层分布地区，因此油源并不缺乏。加之湖盆边缘断层发育，洪积锥、水下洪积锥又位于斜坡上，成为生油凹陷油气运移的主要指向，油气只需经过短距离的垂向或侧向运移即可到达洪积锥、水下洪积锥等砂、砾岩储集体中。同时，这一地区第三系时期形成了多种圈闭类型，如岩性、地层、断层遮挡、鼻状构造等，因此形成油藏

的条件是比较优越的。目前这一地区除发现了七个泉（E_3）、咸水泉（N_1^2—N_2^1）油田外，地面出露油砂十分广泛，如干柴沟E_3^2—N_1出露油砂610米，分布面积达30平方公里；咸水泉构造石油沟高点N_2^1层位出露油砂厚155米，分布面积17平方公里；红沟子构造黑石山高点N_2^1出露油砂厚145.5米，分布面积2平方公里。因而这一地区以寻找地下的洪积锥、水下洪积锥、砂砾岩体是最有利的地区。七个泉水下洪积锥、砾岩体物性分析一般尚好，单个砂体孔隙度、渗透率由于受颗粒的粗细、分选的好坏、胶结物含量等因素对其影响较大，表现了忽高、忽低，但总的看来，砂体中部比顶部、底部物性好，其中又以砾状砂岩、砂岩物性最好，但由于砂体在湖中形成，胶结物中充填较多碳酸钙，因而物性条件比河道砂岩体和三角洲砂岩体的物性要差些。

2. 缝洞型储油层的特点和分布

据钻探资料，在茫崖坳陷中部较深湖—浅湖相中发育着缝洞型储集层。这些裂缝溶洞发育的碳酸盐岩、泥灰岩、钙质泥岩夹薄砂层，砂条储集层，主要是在构造作用下产生成裂缝，尤其以高角度裂缝为油气储集和产出的主要通道；另一方面则是经溶蚀作用而形成大小不等的溶蚀孔洞，具有良好的储油气物性，属自生自储式油气藏（见图版六中照片6—10、11）。目前在该区所发现的狮子沟、花上沟、油泉子、南翼山、尖顶山、开特米里克等油田即属此类。

如在狮子沟构造花北高点花79井在中新统上干柴沟组下部（N_1），当钻达井深3103.62米时，发生强烈井喷，日喷油量达391立方米。储集层为缝洞型深灰色钙质泥岩，含有星散状原生沥青。狮子沟构造狮深20井于1984年8月10日钻至井深4136.62米开始第一次喷油，至1984年12月27日钻至井深4564.58米其间共发生四次喷油，测得日产油达812～1138立方米，日产天然气18.84～23.715万立方米。储集层亦为缝洞型深灰色钙质泥岩并夹有针孔状泥灰岩。初步分析其沉积环境属浅湖—较深湖相。限于目前对这类油气藏特别是深部、中深部的储油气层的勘探及研究程度还较低，有待今后进一步加强这方面的工作，预期前景是可观的。

3. 晶屑灰岩储油层

含粒屑的溶孔状泥晶碳酸盐岩储油层，主要发育于滨湖环境的灰泥滩相，多分布于造成沉积时地形反差明显的、地形坡度突变的较大断层的上升盘。如跃进二号跃28、跃26、跃地1、跃29等井，位于湖岸线附近，湖水时涨时缩，次生溶解作用发育形成溶孔。这类储集层一般物性较好。据跃地一井岩芯分析资料得知孔隙度20～30%，渗透率$10^{-3}\times100$～500平方微米，少部分可高达$10^{3}\times1000$～6000平方微米。跃地一井经试油日产油达51.99立方米。

二、有利储集层的分布

柴达木盆地沉积相不仅控制着生油层的分布，同时也控制着储油层的类型及储集性能，控制着有利储集层的分布。

1. 储集层物性受控于沉积相

在盆地内已发现洪积锥、水下洪积锥、冲积扇、辫状河、曲流河、三角洲前缘砂岩体和湖相泥质碳酸盐岩裂缝溶洞等七种沉积类型的储集层。其中河道砂岩体储油物性最佳，其次为冲积扇砂体，再其次为洪积砂砾岩体，滨湖沙滩、三角洲前缘砂体物性较差（表1—6—16）。柴达木盆地第三系储集层的物性除了与不同的水动力条件有关外，还明显地与沉积环境有关。水下环境沉积的无论是滨浅湖沙滩，还是三角洲前缘的河口沙坝，物性普遍较

差。造成水下相组各类砂岩体物性差的原因主要是由湖水性质所决定的。盆地西部第三纪湖泊水质较咸，矿化度高，受河流作用影响较小，砂质岩胶结物常为钙质和石膏质，其含量达20～30%，致使岩性致密，物性普遍变差。而水上环境沉积的曲流河道、冲积扇的辫状河道砂体，虽然平面分布不够稳定，横向变化较大，但在流水作用下形成的砂砾岩体胶结物含量较低，主要为泥质及铁土质，一般含量在20%以下，储油物性相对较好。

表 1-6-16　柴达木盆地储集层物性统计表

沉积相	地　区	岩　性	层　位	物　性	
				孔隙度 %	渗透率 μm^2
洪积锥（水上）	七个泉	砾岩、砾状砂岩	N_2^2	10～20	9.87×10^{-3}～49.55×10^{-3}
	七个泉	砾岩、砾状砂岩	E_3	10～20	9.87×10^{-3}～49.35×10^{-3}
	干柴沟	砾岩、砾状砂岩	E_3^1	10～16	$<1.974\times10^{-3}$
冲积扇（水上）	花土沟	砂岩、含砾砂岩	N_2^1	15～25	49.35×10^{-3}
	尕斯库勒	含砾砂岩	$N_2^1-N_1^2$	10～25	49.35×10^{-3}
	尕斯库勒	粉、细砂岩	E_3^1	15～20	49.35×10^{-3}～197.4×10^{-3}
曲流河道	马　海	中、粗砂岩	E_3	20～30	49.35×10^{-3}
三角洲前缘	尕斯库勒	粉、细砂岩	N_1^2	5～15	2.468×10^{-3}
	油砂山	粉、细砂岩	N_1^2	5～10	$<0.987\times10^{-4}$
滨浅湖砂滩	乌　南	细砂岩	N_2^1	10～15	$<9.87\times10^{-3}$
	东柴山	粉、细砂岩	N_1-E_3	5～15	$<9.87\times10^{-3}$
浅湖灰泥滩	尖顶山	钙质泥岩、泥灰岩	$N_2^3-N_2^1$	5～28	$<49.35\times10^{-3}$
滨湖粒屑滩	跃进二号	粒屑灰岩	E_3^2	20～30	296.1×10^{-3}

2. 油气分布受控于稳定湖区

柴达木盆地三十多年来的勘探实践证明，古湖泊的范围控制着生油层的分布，实际上湖泊水域所占的面积并不全是有利生油区，而有利生油区则面积更小。盆地第三纪湖泊发育过程中各层段湖泊相面积占盆地沉积面积的6.27～44.56%，稳定湖相区（较深湖及浅湖）范围仅占沉积面积的0.6～32.8%，若不包括未成熟生油岩的上油砂山组（N_2^2）和狮子沟组（N_2^3）的稳定湖泊相，则面积更小，仅占0.6～16.7%。柴西地区所发现的油田都分布在稳定湖区之内，稳定湖区以外的地区则很少发现油气田。稳定湖区的发育范围除平面上控制着油

气田的分布外，在层位上也严格控制着油气层的分布。盆地第三纪湖盆的演化，自渐新世开始至上新世，随着时间的推移古湖泊逐渐而又连续地自盆地西南向东北迁移，导致生油岩层位自盆地西南向东北相应不断抬高，其储集油气田的层也跟着向东北抬高。

3. 有利储集层受控于冲积扇与深湖相的合理配置

柴西地区目前所发现的油田个数有 80%以上分布在较深湖相区附近，探明储量占总储量的 90%以上。在较深湖相区有利生油岩分布范围之内，除构造条件外，有利砂质岩储集层与生油岩的配置是决定的因素。盆地第三系存在洪积锥、冲积扇、三角洲前缘砂岩体等七种类型储集层，都具备不同程度的储集性能。但就整个盆地而论，曲流河道砂岩体虽然在东部很发育，可惜距离盆地西部有利生油区太远；水下三角洲前缘砂岩体有的与生油层配置良好，但物性太差，储集油气也不理想；而尕斯库勒地区分流河道砂岩体不仅层数多，累计厚度大，而且储油物性也好，尤其是该区由于不同时期湖进、湖退的作用而形成的深湖相有利生油岩在纵向组合上夹于上下两套储集层之间，构成了良好的生、储配置关系，由于有这个关键的有利因素，所以在本区现已发现了七个油田，储量占柴西南区总储量的 70%以上，形成了具有有利储集层分布的油气富集区。

第七章 水 文 地 质

第一节 柴达木盆地地下水的来源

柴达木盆地是一个独立的水文地质单元。它主要受盆地的地貌、地层、气象和水文等特定条件的控制，形成了全盆地内有规律性的水文地质特征。

盆地的气候干旱、寒冷，根据多年气象和水文资料统计，年平均气温仅有 1.3℃，无霜期也只有 93 天，年最高气温在八月温度可达 32.7℃，年最低气温发生在元月份为−29.5℃。以 18 个水文台站的多年资料统计，盆地年降水量平均为 84.21 毫米，而年蒸发量平均为 2570.4 毫米；蒸发量为降水量的 30.5 倍。

盆地的干旱程度是自东向西，自南向北增强的。最干旱的地方在冷湖，平均年降水量仅有 15.4 毫米，而蒸发量却高达 3252.8 毫米；盆地东部香日德干旱的程度减弱，年平均降水量可有 247.6 毫米，蒸发量为 2045.4 毫米。但总的说来均属干旱地区，因此，在盆地内部的降水量很难形成对地下水的补给。

盆地的周缘均为高山所环绕，最高山峰昆仑山海拔为 5000～6860 米，而盆地边缘的山区在北纬 36°到 39°范围内，一般在海拔 4500 米以上发育有冰川，这些冰川主要分布在昆仑山系和祁连山系，它们是盆地地表迳流和地下迳流的补给来源。以现有资料统计，盆地周缘高山区的冰川面积有 1355 平方公里。

现将盆地内一些主要河流的上游冰川面积统计如下表：

冰川的溶水汇集后，形成河流，从四面八方向盆地腹部流去，有的注入湖泊，有的流出出口不远就部分或全部地渗入山前的砾石层中，成为地下水的直接补给。以十五条主要河流

表 1-7-1 柴达木盆地主要河流上游冰川面积统计表

河 流 名 称	冰 川 面 积 (km^2)
格尔木河	232
那仁郭勒河	573
诺木洪河	3
香日德河	4
学特里克河	10
哈尔腾河	322
鱼卡河	65
塔塔棱河	104
其它河流	42

多年平均年迳流量统计，年迳流量可达 37.65 亿立方米，折合 1031.5 万立方米／日。以盆地浅水聚集的 20 个湖泊累计面积为 1542.6 平方公里，以平均年蒸发量计算潜水的平衡值，推算盆地潜水的年动储量为 39.65 亿立方米，折每日夜动储量为 1086 万立方米／日，这个数字和年地表迳流量相差无几，这个数字表明盆地内潜水的补给量应在 1000 万立方米／日以上。如果加上沼泽和盐沼地区的潜水平衡因素，潜水的补给量会成倍地超过以上的数值。以上估算方法的出发点是溶雪补给的一部分表现为地表迳流，另一部分渗入地下为地下迳流(严格地讲盆地的河流主要是地下水补给的)；在地表迳流的流动途中，潜水又补给了河流，使其保持均衡的迳流量。因此，以上估计数字会小于实际的地下迳流量。自然界的水体平衡因素是复杂的，这只是以盆地独立的水文地质单元的具体情况而做出的估计。

第二节　第四系前的含水层情况

一、古生界前的变质岩和火成岩侵入体中的裂隙水

该类裂隙水普遍出露于山岳区的沟掌处或沟谷两旁。泉水的矿化度很低，总矿化度一般仅有数百毫克／升，大部分为重碳酸氢钠型水，但随着出水层可溶盐类的不同，也会出现硫酸盐或氯化盐类类型的水。流量很不一致，可从 0.1 升／秒到大于 100 升／秒。

此类裂隙水在盆地南面昆仑山发现最多，北面以宗务隆山和达肯大阪山中的泉水也较多，西北面的阿尔金山个别有泉水出露，在山势低的安极尔山与金鸿山之间几乎没有发现。

山岳区裂隙水分布的情况与山势高低、积雪面积有密切关系。一般属于高山地形及中高山地形，附近有冰川的地方裂隙水就比较多，而低山地形区就几乎没有，因此盆地周缘山岳区地势的高低和冰川的多少与大小就直接影响到山前第四纪沉积区各地段的地下水富集情况。

这些裂隙泉以昆仑山中（格尔木市以南）纳赤台的昆仑泉为最大。泉水出自河谷旁中下古生代变质岩系的裂隙，通过第四纪洪积、冲积砾石层而流出，属下降泉，流量达 134 升／秒，总矿化度为 0.36 克／升。

裂隙泉中还有一些特殊的类型，其水之矿化度或温度方面不同于一般山岳地区的裂隙水，已发现的有大柴旦北达肯大阪山中的温泉，诺木洪南昆仑山中的蚊子泉以及哈尔札以东咸水河一带的泉水。

大柴旦北的温泉，位于大柴旦正北约 10 公里的温泉沟中,泉水出自元古代花岗岩片麻岩之断层带附近,共有泉眼 39 个,泉水最高温度达 71.5℃，最低为 40℃；流量最大为 2 升／秒，小者不到 0.1 升／秒，流出山口后即潜没于第四纪洪积砾石层中,水无色、无味、无嗅、透明,总矿化度在 1.2～1.3 克／升之间，含硼量为 38.6 毫克／升,含铵为 0.048 毫克／升，pH 值为 7；用放射性探测器探得含有放射性物质，分析为钍（Th)。泉水的成因可能是渗入地下深处的地下水受地热及放射性物质浸染后，沿断层带上升而形成的。

南面昆仑山内的蚊子泉及咸水河一带的泉水在矿化度方面均不同于一般的裂隙水。蚊子泉位于诺木洪以东的細沟中，泉水矿化度高达 42.3 克／升，属氯化钙型，咸水河一带的裂隙泉，其总矿化值都在 5～10 克／升左右，而这种泉水流量甚小，对第四纪潜水的影响不大。

二、古生代地层的含水情况

古生代地层的地下水主要分布于山岳地带的奥陶纪与石炭纪的石灰岩溶洞或裂隙中。水的矿化度低，一般小于 1 克／升，仅在欧龙布鲁克山及尕秀山一带，矿化度在 1～3 克／升

之间，水的化学类型很不一致，有氯化物重碳酸盐水或重碳酸盐氯化物水，也有氯化物碳酸盐水，一般矿化度小于1克／升的水属于前两种类型，而矿化度在1～3克／升的水属于后面的一种类型。此类地下水虽出自石灰岩地层，但重碳酸钙的含量极少或没有。这种现象可能是由于水中缺少适量的$CO_2^=$所致。此类泉水均属下降泉，流量一般为1～4.6升／秒已发现泉水泄出地区有大柴旦东北的野羊煤矿沟，欧龙布鲁克山、尕秀山；南面祁漫塔格山中的孔不拉克沟、哈尔札、拉乌札及通沟等地区。现将上述地区的泉水情况列表如下：

表1-7-2　柴达木盆地古生代泉水分布表

地　点	含水层时　代	出　露　情　况	流量 l／s	矿化度 g／l	水化学类型
孔不拉克沟内	石炭纪	水自灰黑色石灰岩裂隙和小溶洞中流出	很小	0.296	氯化镁
拉乌札	石炭纪	为灰白色块状石灰岩溶洞中含水	0.1	0.436	氯化钙
昆仑山通沟之野马泉	石炭纪	石灰岩的裂隙中出水	1.23	0.928	氯化镁
“五一”河上游北边	石炭纪	泉水出自石灰岩裂隙	0.08	1.684	氯化镁
欧龙布鲁克山东端	石炭纪	泉水出自石灰岩溶洞中流出泉眼很多	1～10	1～3	硫酸钠
尕秀煤矿大沟内	石炭纪	距沟底4米的斜坡上，有泉水从石灰岩裂隙中流出	0.67	2.03	氯化钙
大柴旦野羊煤矿沟内	奥陶纪	自石灰岩溶洞及裂隙中流出	0.1	<1	碳酸氢钠
托素湖西欧龙布鲁克山内	奥陶纪	石灰岩溶洞水。泉水附近有氧化铁薄膜和水生苔藓植物	4.6	2.71	硫酸钠

这些泉水大多与山区裂隙水有密切联系，矿化度较低是其特点，可以证明这些泉水均不属于沉积深层水。

三、中生代地层的含水情况

中生代地层中的地下水主要发现于盆地北面祁连山一带的山岳边缘地区，其中有裂隙水也有层状水。一般流量不大，矿化度较高，现将一些典型的出水点叙述如下：

1）在大柴旦东北野羊煤矿,地下水自侏罗系页岩、砂岩和砾岩中流出，流量在0.1升／秒左右，为低矿化度的淡水。

2）在鱼卡煤矿侏罗系中部，有25米厚的地层普遍含有不承压的层间水和裂隙水。含水层的岩性为煤层，砂质页岩、砂岩和砾岩互层，地下水多从层面中渗出，流量微小，而主要含水层则为一层含高岭土的砾状砂岩，流量在1.2～2升／秒间。水的矿化度在8.91～15.58克／升之间，pH值7.8～8，属氯化镁型。由于鱼卡河穿越这套地层，推则其补给应来自鱼卡河。

3）在牦牛山西端尕秀煤矿以东的大沟内，侏罗系中有裂隙水渗出，流量为1～10升／

秒，矿化度为 5.89 克／升，pH 值为 7.8，属硫酸钠型。

4）在阿姆尼克山南麓，敦格公路以东约 50 公里处侏罗、白垩系的中细砂岩内有泉水流出，不承压，由水流经的沟底呈盐渍化，水味苦咸，流量为 1.26 升／秒。

综上所述中生界的地下水大多属开启型，与地面潜水有关，而侏罗系的油田水将在第四节中再讨论。

四、第三系中的地下水

关于第三纪地层中的地下水，大多与油气田有关系，拟在第五节专门论述。在此仅从盆地第三纪地层一般含水情况加以探讨。

盆地内第三纪地层内含水层自 E_{1+2} 到 N_2^3 均有。从含水的产状上大体可分为层状水与裂隙水两类，其分布规律与第三系岩相变化有密切关系。层状水主要分布在洪积、冲积、三角洲等相带内，而裂隙水则分布在湖相沉积为主的地区。在横向变化上，边缘地区多为层状水，而盆地中心部分则以裂隙水为主。

根据多年来的钻探资料，现将各层的水化学特征综述如下：

表 1-7-3　路乐河组(E_{1+2})的水化学特征

地区	井号	产层深度 m	主要离子含量(mg／l)						矿化度 mg／l	酸碱度	水型	水性系数	产层类型	备注
			氯根	硫酸根	重碳酸根	钙	镁	钠和钾						
咸水泉	咸深 7	3452	124075	741	140	12499	1173	111284	249912	6	氯化钙	7.27	裂隙水	
尕斯库勒	跃深 10	3825～3828	128925	471	515	3896	497	76903	213590	6.7	氯化钙	7.27	层状水	
狮子沟	狮 23	4142～4637	137704	4924	2109	386	37	91954	237114	6.5	碳酸氢钠		层位属 E_3–E_{1+2} 裂隙水	
马海	马深 2	1777.84 米以下	27418	270	67	6895	74	Na9829 K94	44647		氯化钙	56.46	层状水	
	马深 5		47494	5	15	4068	790	24650	77022	6.8	氯化钙	4.13	层状水	
冷湖四号	深 17	2487.8～2632.63	26455	454	205	2549	390	13790	43843	6.6	氯化钙	4.57	层状水	

表 1-7-4　下干柴沟组（E_3）水化学特征

地区	井号	产层深度 m	主要离子含量（mg／l）						矿化度 mg／l	酸碱度	水型	水性系数	产层类型
			氯根	硫酸根	重碳酸根	钙	镁	钠和钾					
红柳泉	红深 6	2949.6～2951.6	90233	2545	920	1082	186	58491	153447	7.0	$MgCl_2$	0.08	层状水
七个泉	七深 16	1611～1653	83184	15507	1334	372	78	61307	161782	7.3	Na_2SO_4	0.99	层状水
狮子沟	狮深 14	3356～3360	186798	17123	1180	321	0	129476	334898	6.8	$NaHCO_3$	1.01	裂隙水
砂西	跃 16	3689.8～3679.6	100326	3578	1980	911	176	66152	173123	6.6	Na_2SO_4	0.63	层状水
尕斯库勒	跃 45	3617.2～3623	96768	2635	825	1060	191	62759	164238	6.0	$MgCl_2$	0.04	层状水

表 1-7-5 上干柴沟组（N_1）水化学特征

地区	井号	产层深度 m	主要离子含量（mg／l）						矿化度 mg／l	酸碱度	水型	水性系数	产层类型
			Cl^-	SO_4^{-2}	HCO_3^{-1}	Ca^{-2}	Mg^{+2}	Na^{+1}、K^{+1}					
红柳泉	红深 15	2445.4 ~2469	86671	2741	123	1225	223	55746	146729	5.7	$CaCl_2$	1.11	层状水
狮子沟	狮中 3	1220.4 ~1222.6	148565	1626	326	1816	557	94123	247013	7.8	$CaCl_2$	2.13	层状水
花土沟	花 19	2726.6 ~2730.1	149105	59	165	5884	1004	88148	244365	6.9	$CaCl_2$	4.51	层状水
油砂山	砂中 2	657.5 ~725	129104	150	319	1131	953	78945	210602	6.6	$CaCl_2$	1.6	层状水
尕斯库勒	跃中 39	2133.2 ~2136.8	107065	604	815	1900	541	66834	177759	7.2	$CaCl_2$	2.55	层状水
跃进二号	跃地 4	1497.0 ~1503	98478	233	157	1039	690	61545	162142	6.0	$CaCl_2$	1.77	层状水
咸水泉	咸中 5	830	120116	9	388	1062	693	78058	200326	7.8	$CaCl_2$	1.81	层状水
油泉子	油深 3	1715 ~2230	143571	397	309	7860	1673	81242	235052	6.5	$CaCl_2$	3.75	裂隙水
尖顶山	尖深 2	1012 ~1402	131486	405	106	10309	1331	70361	215368	6.9	$CaCl_2$	5.61	裂隙水
冷湖五号	深 28	1731 ~1741	36072	2547	147	2635	472	20755	62628	7.5	$CaCl_2$	2.96	层状水

表 1-7-6 下油砂山组（N_2^1）水化学特征

地区	井号	产层深度 m	主要离子含量（mg／l）						矿化度 mg／l	酸碱度	水型	水性系数	产层类型
			Cl^-	SO_4^{-2}	HCO_3^{-1}	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+1}、K^{+1}					
狮子沟	狮中 8	400	141211	1531	322	1007	507	90329	234907	7.2	$CaCl_2$	1.31	层状水
油砂山	砂中 26	174.8 ~224.4	92829	3257	412	2635	959	57086	157178	7.8	$CaCl_2$	1.71	层状水
尕斯库勒	跃中 9	1696 ~1698.6	91433	0	30	14947	3237	36035	145682	6.3	$CaCl_2$	3.8	层状水
油泉子	浅 16	417.68 ~584.63	119396	67	263	3296	1703	70450	195175	6.4	$CaCl_2$	2.14	裂隙水
尖顶山	浅 46	376.2 ~572.5	129108	0	535	4710	1395	75897	211645		$CaCl_2$	2.97	裂隙水
碱山	碱 2	2590	81077	1363	229	1902	263	50635	135469	6.0	$CaCl_2$	3.87	层状水
大风山	风 2	1407.4 ~1408.4	83290	593	216	934	2404	48755	136192	6.7	$CaCl_2$	1.16	层状水
盐湖	新深 1	2085.4 ~2087.6	105917	760	182	9422	1403	55117	172801	7.3	$CaCl_2$	5.07	层状水
冷湖七号	丘参 3	1194.89	57699	4919	65	2610	779	35334	101406	6.9	$CaCl_2$	1.42	层状水
鄂博梁2号	鄂 1	854.0 ~936.6	21501	238	450	1179	358	12199	35905	7.9	$CaCl_2$	2.58	层状水

表 1-7-7　上油砂山组（N_2^2）水化学特征

地区	井号	产层深度 m	主要离子含量(mg/l)						矿化度 mg/l	酸碱度	水型	水性系数	产层类型
			Cl	SO_4^{-2}	HCO_3^{-1}	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+1}、K^{+1}					
七个泉	七中 10	122.6 ~406	22400	183	47	2473	1581	8506	35190	7.3	$CaCl_2$	1.92	层状水
尕斯库勒	跃中 9	1413.2 ~1420.4	68524	310	114	10053	2531	28310	109842	7.2	$CaCl_2$	3.36	层状水
油泉子	油中 2	340 ~358	188407	60	71	19055	3185	95807	306585	5.9	$CaCl_2$	4.62	裂隙水
开特米里克	浅 141	190.78 以上	78234	4517	397	2477	1590	41205	134420	7.5	$CaCl_2$	1.18	裂隙水
茫崖	浅 1		213623	1587	257	3537	1553	132416	352973	7.0	$CaCl_2$	2.09	裂隙水
上林沟	浅 1	104	185092	947	46	4853	1017	114182	306877	6.5	$CaCl_2$	3.65	裂隙水
南翼山	浅 80	193	199592	37	333	6199	7523	108488	322532	5.7	$CaCl_2$	1.49	裂隙水
油墩子	地面泉水		207797	1289	193	5109	3226	123599	341340	7.3	$CaCl_2$	1.83	裂隙水
风凰山	一号气泉		187184	1857	137	3050	833	116700	309761	7.0	$CaCl_2$	2.62	裂隙水
鸭湖	鸭参 2	1151 ~1156	74670	68[illegible]	82	5741	870	40553	122597	7.1	$CaCl_2$	4.78	层状水

表 1-7-8　狮子沟组（N_2^3）水化学特征

地区	井号	产层深度 m	主要离子含量(mg/l)						矿化度 mg/l	pH 值	水型	水性系数	产层类型
			Cl^-	SO_4^{-2}	HCO_3^{-1}	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+1}、K^{+1}					
七个泉	中 8	113~503	1944	285	67	16	255	956	3568	8.3	$MgCl_2$	0.63	层状水
尕斯库勒	跃深 3	724~856	30289	651	81	3255	2092	12294	48662	5.8	$CaCl_2$	1.86	层状水
油墩子	墩 3		173234	2013	736	4647	607	107276	288513	8.5	$CaCl_2$	4.56	裂隙水
碱山	地 7	167	182680	9490	147	591	2577	116479	311964	6~7	$MgCl_2$	0.99	裂隙水

综合上述第三系自老到新各个层位地下水的水化学特征和产状类型来分析，可以得出以下几点看法：

1）第三系各层的地下水均属于沉积成岩时形成的地层水。它们代表沉积成岩后封存下来的地层水矿化特征，它对研究某个地区，某个时期，某个层位的水化学特征具有典型的意义。

2）在盆地范围内，可以看出盆地北部（如冷湖、鄂博梁）和盆地东部的马海、南八仙等地的地层水矿化度大大低于盆地西部相应层位地层水的矿化度，在这个意义上可以说盆地第三纪湖水的咸化中心应当在盆地西部。

3）相同层位的层状水（即以碎屑岩为储水层）的矿化度要低于裂隙水（即以泥质岩、钙质岩为主的缝洞储水层）反映了沉积相带的差别，从纵向上看各层的矿化度没有明显的区别。

4）在狮子沟构造深层，从上干柴沟组（N_1、E_3）到下干柴沟组（E_{1+2}）地层水的水型均为碳酸氢钠型，反映了这个地区生成油气时的水型特征。

第三节　第四系含水情况

盆地内第四系中的地下水以潜水为主，含水层位属上更新统和全新统（Q_{3+4}）。以地下水存在方式，可以分为两类，即地下径流类型与潜水盆地类型。前者分布于盆地边缘大山山麓至盆地中心第三纪构造褶皱带边缘，有常年的雪山补给区、循环区、浅水区及停滞区等一个完整的体系，水动力水平分带明显。而后者则分布于第三纪构造褶皱带内的向斜和地形低洼处，无经常的水源补给，一般为高矿化度的孤立的、小型潜水盆地带。

地下径流型的含水层在山麓地带为洪积和冲积砾石层。特点是地下水位较深，矿化度低，向盆地中心水位逐渐变浅，而矿化度随之增高；至冲积、洪积砂土带因渗透性的变小，地下水位抬高而形成泉水泄出带，这个带通常是成局部地带的沼泽化，变成与山区平行分布的悬挂式沼泽带，其前沿形成灌木林带，这个带以昆仑山前最为发育。

在泉水泄出带附近由于洪积层或冲积层的岩性变细，出现以砂质粘土和泥质粉砂和砂土，细砾石层的相互层段，从而形成一些局部的承压水和自流水，含水性很好，可做为供水的有利地区。上述地区可做为地下水的急剧交替带。穿过泉水泄出带向盆地中心至湖泊分布区边缘为地下水缓慢交替带，此带的含水层岩性变细，以冲积为主，也有其他的沉积类型，岩性以中细砂和粉砂层为主，夹砂质粘土等渗透性差的夹层，其下部有的地区也有承压淡水。此带继续向盆地中心到盐沼、盐湖的分布区，则为地下水的停滞带，此带地下水位接近地表，含水层岩性一般为细砂及粉砂层夹砂质粘土层，同时出现化学沉积，成为盐的晶洞含水，水的矿化度接近饱和。停滞区的下面个别地方仍有承压淡水存在，如在大柴旦巴戛柴达木湖下面就钻遇有承压自流淡水。

下面将柴达木盆地第四系地下径流分带叙述如下：

一、盆地地下径流的分带

盆地的地下水径流受盆地周缘大山补给区到盆地中心的自然坡度、储水层性质（渗透性）的变化所控制。根据区域水文地质普查和部分供水勘探资料，可将地下水径流分为急剧交替带、缓慢交替带和停滞带三大类（图 1-7-1）。

(1) 急剧交替带可分为山岳区和山麓区两个亚带；山岳区属裂隙型或卡斯特型的地下水分布带，含水层多为火成岩或变质岩的节理裂隙，部分为古生代石灰岩溶洞含水，因为含水层的渗透性变化大、不均匀，单位涌水量不稳定，一般为 0.1～10 升／秒之间，水的矿化度

一般小于1克／升，水性多为重碳酸氢钠型或碳酸钠型，地下水的埋藏深度也不稳定。山麓区属砾石层的潜水，含水层属洪积或冲积的砾石层；单位涌水量一般为10升／秒左右，矿化度一般为<1～1克／升，个别大于3克／升，水型多属硫酸钠型水，埋藏深度一般为3～10米。此带的前沿在下部如有良好的隔水层也可出现承压水。

(2) 缓慢交替带　分布在山前冲积、洪积区，含水层以砂土为主，个别为砾石层，也以潜水为主，部分地区出现承压水；涌水量往往随地形坡度变缓、含水层变细而变小，一般在<0.1～10升／秒之间，而矿化度则随着向盆地中心的流向而增高，变化在1～50克／升之间，水型从硫酸钠型逐渐变化为氯化镁和氯化钙型，地下水埋藏深度可为0～3米上下（在沼泽区潜水水位在地表）。

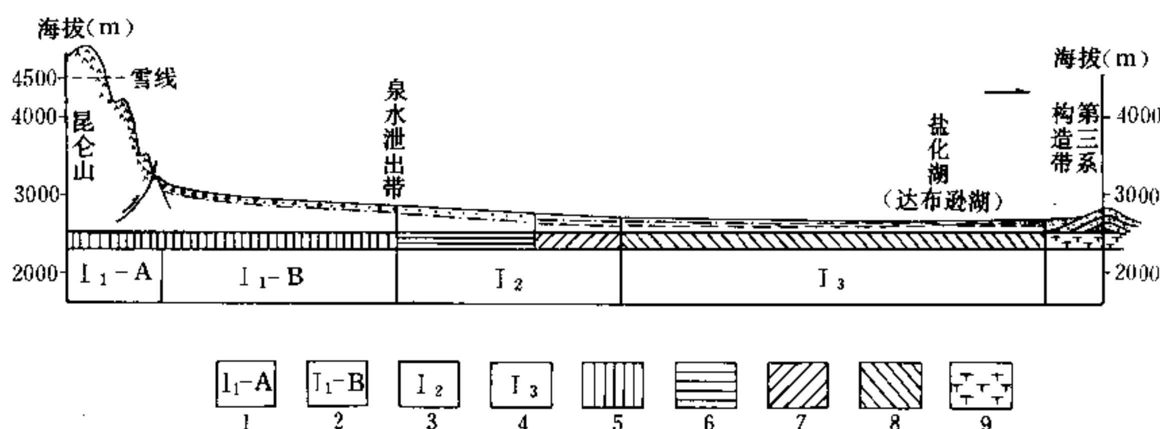


图1-7-1　柴达木盆地水文地质典型剖面示意图

1—急剧交替带裂隙水和喀斯特水；2—急剧交替带潜水；3—缓慢交替带潜水；

4—停滞带潜水；5—矿化度<1克／升；6—矿化度1～3克／升；

7—矿化度3～50克／升；8—矿化度300克／升；9—透水而不含水地层

(3) 停滞带　可分为滨湖洼地和盆地构造向斜洼地两种类型，均属潜水，滨湖洼地的含水层多属滨湖相的盐渍化亚砂土或盐晶洞含水，单位涌水量一般为0.1～1升／秒，而盐洞中含水层的涌水量不稳定，为1～10升／秒之间，水的矿化度一般>300克／升，个别为3～50克／升，水性多属氯化钙、镁型，潜水埋深在0.5米上下。构造间向斜洼地的含水层多为残积盐化的砂土层，属孤立的潜水停滞带，单位涌水量多在<0.1～1升／秒之间，矿化度一般在300克／升以上，水型多属氯化钙、镁型，潜水埋藏深度为0～3米上下。

二、盆地第四系地下迳流型地下水的分区

根据构造、地貌、第四纪沉积和已有的水文地质资料来看，盆地第四系中地下迳流类型的地下水并不是完全连成一片或在水力联系上都是很密切的。以不同的补给和地下迳流分布情况，可以分为若干互有差别的水文地质分区，属于昆仑山水系的有尕斯湖区、茫崖存迹区及三湖地区；属于祁连山水系的有德令哈区、小柴旦区、大柴旦区、鱼卡、马海、南八仙地区、冷湖区和苏干湖盆地；属于阿尔金山水系的有察汗斯拉图区和阿拉巴斯套区。各区在水文地质条件上各具特点，现分区叙述如下（图1-7-2）。

1. 尕斯湖区

范围包括阿哈堤至约骞腾能山以南，奇漫塔格山以东到东柴山，西到格斯一带。本区

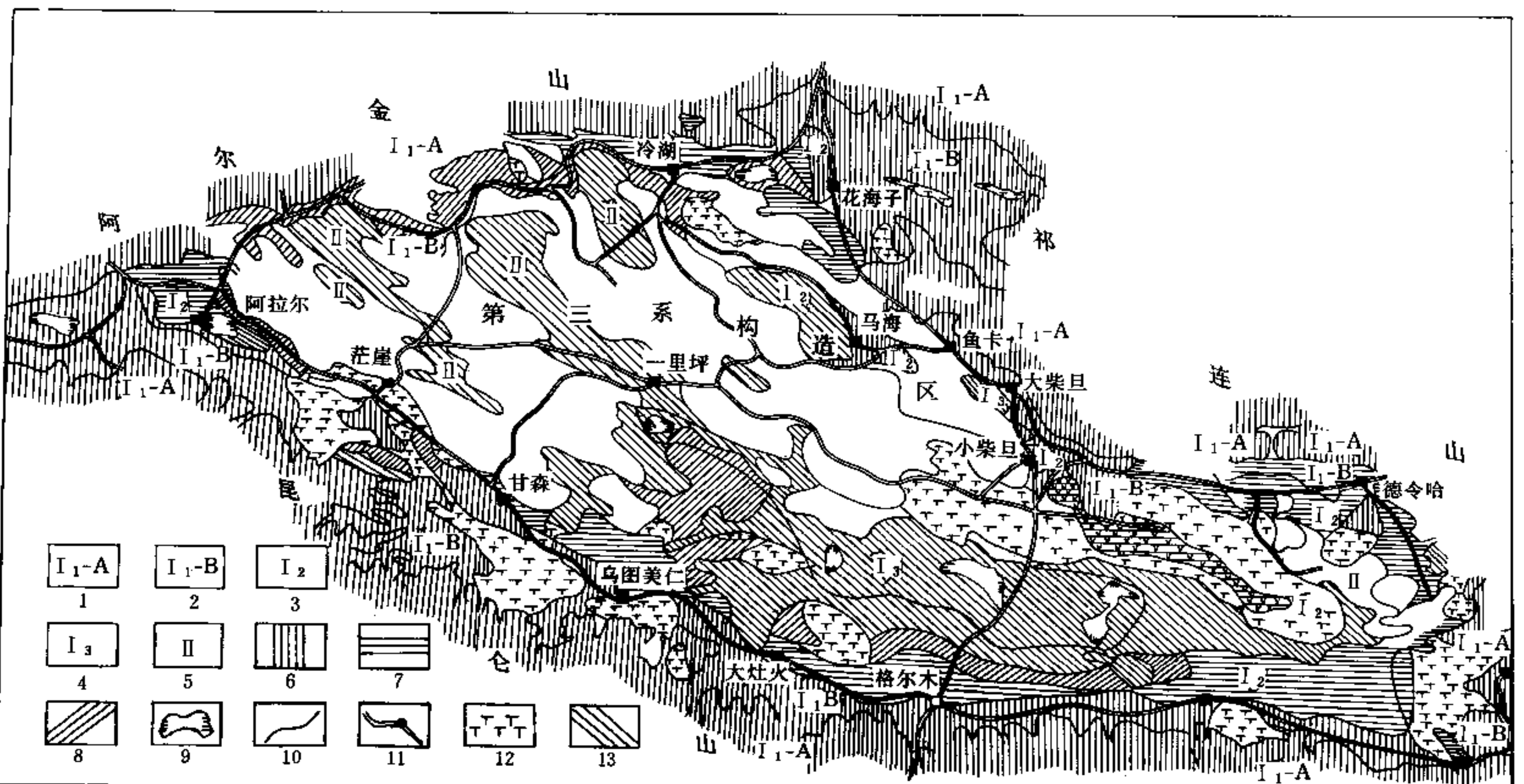


图 1-7-2　柴达木盆地第四系含水性图

Ⅰ——地下迳流区；Ⅱ——潜水盆地区；

1—急剧交替带裂隙水和喀斯特水；2—急剧交替带潜水；3—停滞带潜水；4—水矿化度<1 克／升；5—水矿化度 1～3 克／升；6—水矿化度 3～50 克／升；7—缓慢交替带潜水；8—现代湖泊；9—公路；10—居民点；11—透水而不含水地层；12—潜水盆地区停滞带潜水；13—水矿化度>300 克／升

的地下水主要补给来源于北面的约骞腾能山、古生学尔山和阿哈堤山的融雪，南面则为奇漫塔格山的融雪。本区地表径流发育，由融雪及山岳裂隙水汇成的河流有斯巴利克河、格斯河、阿达滩河、巴日根巴斯图河、苏乌克鲁克赛河、甘吉克河、库拉木拉克河、孟达里克河、宋哈河及孔不拉克河等，各河流量在 0.01～4.6 立方米／秒之间，总流量约有 11 立方米／秒，均为淡水，矿化度小于 1 克／升。河水在流经途中全部或部分潜入山前洪积砾石层中，成为地下水的一部分补给来源。由大乌斯的砂土带前缘及北面的棕扎哈一带成为地下水泄出带。该地泉水的矿化度一般小于 1 克／升，仅在大乌斯及棕扎哈等地为数克／升左右。水的汇集中心为尕斯库勒湖，湖水面积为 122.2 平方公里，平均湖深 1.28 米，湖水矿化度东部高、西部稍低，最高矿化度可达 486 克／升，为浓缩的盐湖，以平衡法估算这个地区的地下水动储量，为 3.14 亿立方米／年，折合 86 万立方米／日，具有丰富的地下淡水资源。已发现的地下水供水点有阿拉尔水源和切克里克水源，日供水能力在四万立方米左右，已做为尕斯库勒油田和花土沟油田开发建设的供水水源（图 1–7–3）。

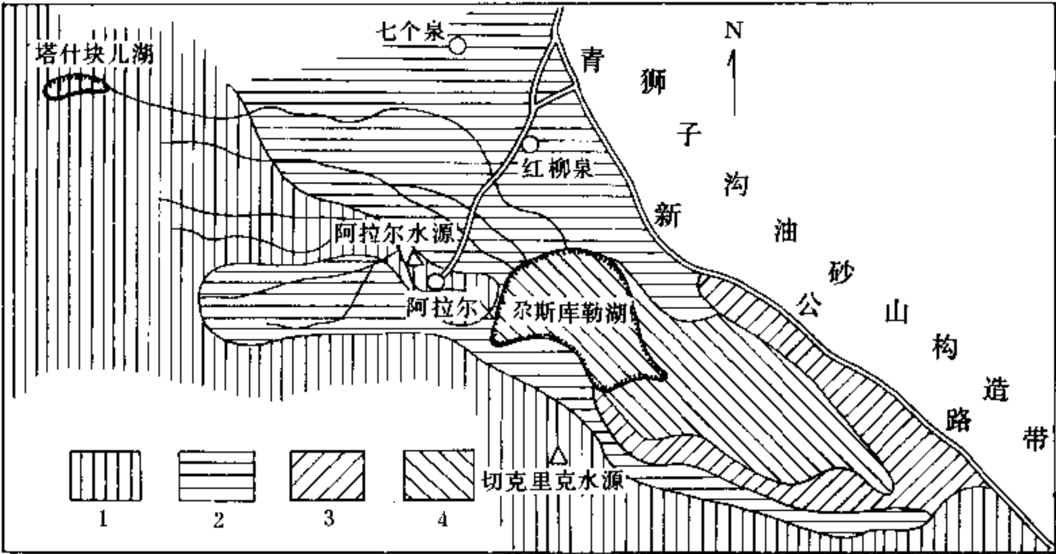


图 1–7–3　柴达木盆地西部尕斯湖区水文地质图

1—矿化度＜1 克／升；2—矿化度 1～3 克／升；

3—矿化度 3～50 克／升；4—矿化度 300 克／升

本区的地下水动力水平分带明显，尕斯库勒湖以西及以南的广大山前洪积砾石层中的潜水属急剧交替带，水量丰富，矿化度均低于 1 克／升。至砂土带边缘地下水有承压现象，扎哈钻井的结果，承压水层埋藏深度在 30 米上下。阿拉尔水源钻的承压水层深度在 110～130 米和 210～240 米井段；切克里克钻的承压水层在 34.4～102 米，含水层岩性主要为含砂细砾石层，其次为中粗砂岩，隔水层为亚砂土和亚粘土，水位一般在地表以下一米上下。自喷井水位可高出地表 2.7～10 米。

缓慢交替带分布于湖区外围，包括其北油砂山一带的洪积砾石层地区，湖西的缓慢交替带较宽广，南部较窄，含水层为洪积冲积砂土和湖沼相的砂泥层，地下水埋藏较浅在 1～4 米上下。矿化度很不一致，一般在 1～3 克／升之间，在棕扎哈，大乌斯及油砂山以南地区较高。

停滞区分布于湖区周围，含水层为盐化砂层和盐层，水的矿化度在50～400克／升之间，涌水量也很不均匀。

本区地下水自然涌出量，根据泉水总量和潜水泄出所汇集的河流，如托斯克雅河、赛斯克雅河、阿拉尔河等流量统计约为4.36立方米／秒。

2. 茫崖存迹区

范围包括奇漫塔格山以北，茫崖甘森褶皱带以南，东柴山至沙滩边以南地区。

本区地下水的补给来源于西南面的奇漫塔格山融雪。地表迳流不发育，仅在山岳的边缘地区，有塞东沟、哈尔扎沟、山根沟、大理石沟等小溪，总迳流量仅0.1立方米／秒左右，水的矿化度小于1克／升，溪水流出山口不远即潜入第四纪洪积砾石层中。

在茫崖和存迹有大量泉水出露，矿化度在1～3克／升左右，茫崖沼泽以北地区的地下迳流为第三纪构造所阻而趋于停滞，已属本区地下水的停滞地带。本区主要含水层是洪积层，根据茫崖所钻水井的资料，水层岩性为中细砾石层，砂层或泥质粉砂层，夹砂质粘土夹层，主要的含水层埋藏深度为8～10米，局部地区承压自流，涌水量在125～150立方米／日（降程为6～7米时的抽水试验），水的矿化度为1～3克／升，本区地下水自然涌出量以泉水统计约为15升／秒，实际地下水动储量应远不止此数，仅已初步勘测过的茫崖自流井水源就有一万立方米的动储量。估计本区地下水年动储量至少有0.41亿立方米，但水质较差，矿化度在1.3克／升左右。

3. 盆地东部三湖地区（台吉乃尔湖、达不逊湖、霍布逊湖）

本区为昆仑山北麓最广阔的第四纪沉积区。北以三湖之北第三纪构造边缘为界，西起甘森，东至察汗乌苏。

地下水补给的主要来源于南面布尔汗布山的溶雪，东北面的牦牛山、札布萨尕秀山，北面的埃姆尼克山、欧龙布鲁克山和锡铁山的水源虽对本区也有影响，但不占主要地位。本区地表迳流特别发育，河流均发源于昆仑山系东段的布尔汗布达山，较大的河流自西向东有那棱格勒河、格尔木河和香日德河，此三条河的年平均迳流量合计为67.4立方米／秒。较小的河流甚多，如"五一"河、托拉里河、托西河、大灶火河、沙柳河、白沙河、契盖苏河、乌图美仁河、檉柳河、黑熊沟河、诺木洪河、洪水河、清水河、伊克诺木洪河、伊克光河、可尔河、察汗乌苏河、夏日哈河、察干果勒河、柴达木河、巴颜河等，各河流量在0.5～7立方米／秒之间，其合计总迳流量为112立方米／秒。此外，在靠近盆地中心地下水泄出所汇集的河流很多，特点是河水清沏，水质好，岸旁密生植物，局部地区有沼泽化现象。

河水所汇集的湖泊主要有六个，东台吉乃尔湖面积为121.2平方公里，西台吉乃尔湖面积为125.3平方公里，涩聂湖面积为7.3平方公里，达布逊湖面积为342.8平方公里，北霍布逊湖面积为108.4平方公里，南霍布逊湖面积为108.4平方公里，总计面积为879.1平方公里。以平衡法估算地下水资源量为22.6亿立方米／年，折619万立方米／日。属柴达木盆地地下水资源最丰富的地区。地下水资源将在今后发展这个地区的工、农、牧事业中起重大的作用。在昆仑山前洪积冲积带内已勘测到的地下水动储量已有22万立方米／日，水质良好，矿化度在0.6克／升左右。

在青藏公路和青新公路以北砂土带地区有大量泉水成带状出露，泉水泄出带以南至昆仑山北麓的广阔洪积冲积砾石层地区为地下水的急剧交替带，含水层为洪积冲积砾石层。潜水埋藏深度自数米到数十米，自南向北变浅，至泉水泄出带附近，埋藏深度在1～3米左右，水的矿化度小于1克／升。自急剧交替带前沿至湖泊附近的广大冲积洪积砂土带为地下水的

缓慢交替带，此带很少有泉水出露，愈向盆地中心地下水的矿化度愈增高，流量变小。水型有从硫酸钠型逐渐变为氯化镁型和氯化钙型的趋势。湖区附近已成为地下水的停滞带，此区水位海拔在2677～2680米上下，水的矿化度在300～400克／升。

三湖地区以泉水和地下水汇集的河流流量估算，地下水的自然泄出量约为62立方米／秒左右。此值略低于平衡法估算的数值（71.64立方米／秒）。

4. 德令哈地区

范围包括整个德令哈盆地，但牛牦山中段及札布萨尕秀山以南地区则不应包括在内，地下水与地表水主要补给来源于北面的中吾农山和牦牛山西端的融雪。本区的河流有巴音河、白水河和八罗根果勒河等，河水总流量约10立方米／秒左右，矿化度皆小于1克／升。泉水除在洪积砾石带前缘泄出外，在巴音河床和洪水冲沟中亦有出露。地下水和地表水的排泄中心分别为托素湖、克鲁克湖和尕海，托素湖面积为192.4平方公里，水的矿化度在13.5～27.8克／升；克鲁克湖面积为58.4平方公里，水矿化度在1～1.8克／升；尕海的面积为38平方公里，湖水的矿化度在16.3～76.3克／升，较之盆地内其他盐湖水的矿化度要低。克鲁克湖实际为淡水湖，可饲养淡水鱼。而水型属氯化钙或氯化镁型。以平衡法估算该区的年地下水动储量为7.42亿立方米，折203万立方米／日。水质良好，属地下水较丰富的小盆地。

巴音河中游冲积砾石层是本区的主要含水层，埋藏深度在1米左右，矿化度小于1克／升，以重碳酸盐水为主，此外在洪积砂土层中含水也较丰富，但矿化度略高，在1～2克／升左右，潜水埋藏深度为10～50米。地下水自然涌出量仅为2.7立方米／秒，占平衡法估算的地下水量的11.3%，说明含水层渗透性好且变化不大，泉水露头少，地下水深藏地下。

5. 小柴旦区

范围包括达肯大阪山、欧龙布鲁克山以南，绿梁山以东，锡铁山以北的狭长地区。

地下水的补给来源以北面的达肯大阪山的融雪，巴戛柴达木湖是本区地下水的停滞中心，湖面积为50.1平方公里，湖水矿化度为96.8克／升，属硫酸钠型。流入其中的主要河流为塔塔棱河，河年平均水流量为3.7立方米／秒，河水矿化度为0.82克／升，可饮用。渗入本区地下的河流尚有源于绿梁山的绿梁河，其流量为21.7升／秒，矿化度为1.84克／升，在锡铁山附近有小部分泉水汇成溪流流入三湖区。其流量在流出锡铁山口时为0.20立方米／秒，矿化度为2.8克／升。本区以平衡法估算的地下水年动储量为1.29亿立方米，折35.3万立方米／日。

根据冶金工业部勘探公司和海西地质队在巴戛柴达木湖畔的钻井结果证明，湖北面在潜水下部洪积含砂砾石层中埋藏有丰富的优质自流水，埋藏深度在8～21米，水头高出地表为1～5米；钻孔涌水量为5～10升／秒，个别为41升／秒，渗透系数为22.6～266.9米／日，地下水矿化度在0.4～0.9克／升之间，水性属硫酸钠型，而接近湖区的潜水矿化度可高达98克／升。本区经钻探查明的断面动储量为4856立方米／日。

6. 大柴旦区

范围包括大柴旦盆地，地下水的补给来源主要是北面达肯大阪山的融雪。

地表河流有野羊煤矿沟、柴旦河、温泉沟、温泉西沟，总流量为1.176立方米／秒。伊克柴达木湖的北面砂土带为泉水泄出区，湖区则为地表水和地下水的汇集中心，湖的面积为49.2平方公里，湖水矿化度为231～386克／升，水中含硼砂矿。以平衡法估算本区地下水

年动储量为1.13亿立方米／年，折合31万立方米／日。

本区地下水的交替作用剧烈，以含水层的情况可分为以下三个带（自北而南）：

(1) 洪积砾石 卵石带：厚度可达百米以上。1958年钻的7号井水位深达46.9米，估计在山麓地区的水位应在70～80米以上，地下水的矿物质低，在0.2～0.4克／升，水型为碳酸氢钠或硫酸钠型，属优质地下水。

(2) 洪积砾石砂土带 以钻孔资料一百米未见底。根据电测资料分析，隔水层在200米以下，含水层渗透系数一般在20～25米／昼夜，水力坡度在0.00106～0.0016间，以水文地质1号探井为例，钻孔涌水量为13.5升／秒（S=2.43米时）为无色、无味、无嗅透明的淡水，矿化度在0.26～0.4克／升，总硬度为7～10德国度。潜水埋藏深度为2～8米上下，愈近湖区，水位愈浅，本带是区内最好的取水地段。

(3) 洪积砂土和亚砂土带 本带潜水埋藏浅，有泉水出露，因蒸发作用强烈，使潜水矿化度变高为1.8～9克／升，钻探结果表明潜水层下面，一般在8～13米深时，即为第四系自流水层。在湖心钻探亦有同样的结果。水头高为1～2米上下，在湖南重盐渍化地区钻探结果，深59米时有厚达8米的细砂层含水并承压，水头高6.2米，降程为2.6米时，流量为3.2升／秒，仍为淡水。

地下水自然泄出量，根据伊克柴达木湖南北两岸部分地区75平方公里面积内，共发现泉水959个，其中多属上升泉，总量为224升／秒；此外由地下水所汇集的河流统计，流量为859升／秒，合计为1.1立方米／秒。

7. 鱼卡、马海、南八仙地区

范围包括驼南、平台等构造以东，水鸭子墩构造带和马海构造以北，大鱼山、绿梁山以西，马海大板山和达肯大阪山以南地区。地下水补给来源主要为东北面马海大阪山和鱼卡大阪山的融雪。

本区地表水发育，有鱼卡河、冰雪河、脑儿河、敖劳河（马海河），总流量为45立方米／秒。泉水主要出露于南八仙与小兵营连线以南地区，汇成查汗布鲁格逊河、路西河、围椅河及南1、2、3、4、5、6河等河流，德尊马海湖和巴龙马海湖为本区水源的汇集中心。两个湖的面积分别为9.3平方公里和2.7平方公里。以平衡法估算本区地下水年动储量为0.31亿立方米／年，折合8.5万立方米／日。

本区主要含水层为冲积砾石层和砂层，埋藏深度自东而西变浅，在马海构造北面的鱼卡河床内，冲积砾石层深达30米左右（钻探资料）。在小兵营至南八仙一带为泉水泄出带。地下水矿化度小于1克／升，由东向西增高，接近湖区则变为盐卤水，湖水矿化度可高达350克／升。

本区地下水自然涌出量为0.8立方米／秒。

8. 冷湖区

范围包括驼南、平台以西，鄂博梁一号北端以东，赛什腾山和安南坝山以南，冷湖和鄂博梁第三纪构造带以北地区。

地下水的主要补给来源为安南坝山的融雪，其次是赛什腾山。本区特点是缺少地表迳流，地下水的汇集中心是呼通诺尔湖和昆特依湖以南地区。

洪积层是本区的主要含水层，冷湖一带的地下水矿化度较低，约为1.3克／升左右。在赛什腾山前与昆特依湖一带矿化度较高，赛什腾山麓洪积层中的地下水矿化度已超过20克／升。

本区主要的富水区在安南坝山前第四纪洪积区。供水钻探结果表明，单孔最大涌水量可在 20 升／秒以上，冷湖水源已查明的断面动储量为 1.6 万立方米／日，水的矿化度为 0.64 克／升，pH 值为 7.6，总硬度为 15.3 德国度，符合国家饮用水的标准。本区估算地下水动储量至少有 0.3 亿立方米。

9. 苏干湖盆地

范围包括当金山、乌兰大板山以南 赛什腾山和达肯大阪山以北地区。地下水的补给靠高山区的溶雪。地表主要河流为哈尔腾河,平均速量为 10.7 立方米／秒，矿化度为 0.3 克／升，较小的河流有小哈尔腾河，流量为 1 立方米／秒，矿化度为 0.2 克／升，无湖上河流量为 1.6～2.3 立方米／秒，矿化度为 0.31 克／升，水鸭子河流量为 2.7 立方米／秒，矿化度为 0.7 克／升。地表迳湖的汇集中心为大苏干湖，面积为 110 平方公里，湖水矿化度为 31.8 克／升。此外盆地内还有两个小湖泊（小苏干湖和尕苏干湖），两个小湖的面积分别为 8 和 0.8 平方公里，均为淡水湖泊，以平衡法估算本区地下水年动储量为 3.05 亿立方米，折合 83.7 万立方米／日。

本区潜水埋藏于山间洪积冲积平原地带，储水层以砾石层和砂土层为主，潜水面深度一般为 1～3 米，涌水量在 1～10 升／秒左右，多为淡水，属地下水以剧烈交替为主的地区。根据花海子供水勘探钻探结果,承压水层埋深 20～100 米上下。单位涌水量最大可达 93 升／秒（折 8053 立方米／日），水的矿化度为 0.2～0.4 克／升左右，属良好的淡水，已探明的动储量有 31 万立方米／日。

10. 察汗斯拉图地区

范围包括鄂博梁一号构造以西、红三旱一号以东，阿尔金山以南的山麓地带。

本区内没有地表迳流，地下水贫乏，主要含水层为洪积层与古湖积层，地下水涌水量很小，一般在 0.1 升／秒左右，水的矿化度高，一般在数十克到上百克／升。在本区盐沼一带盐渍化沉积物中也含有地下水，水位很浅，埋深小于半米，涌水量在 0.3～0.4 升／秒左右，水的矿化度在 300 克／升以上，属地下水停滞区。

11. 阿拉巴斯套地区

范围包括安吉尔山及金鸿山以南，红三旱一号至红沟子地区。

本区地下水补给来源是贫乏的，仅有阿哈堤山东段的融雪，通过现代沟谷对本区地下水有少量的补给。山前较老的第四纪洪积砾石层及其下的第三系在地貌上均呈基座阶地出现，在不整合面上，自西向东在 200 余公里地段内皆未发现有地下水渗出。山前的现代砂土带很狭窄（一般仅有 1～2 公里宽），往南则为第三系构造。覆于第三系之上的第四纪残积和化学沉积的盐洞中，含少量高矿化度卤水。

由阿哈堤山融雪补给的潜水仅在红沟子构造外围出露，最终流向咸水泉构造以北的向斜洼地，成为高矿化度的潜水区。其矿化度变化为：阿哈堤泉水为 2.8 克／升，到红沟子泉水为 5.6 克／升，再至红柳沟泉水增至 13 克／升，最后到咸水泉构造以北向斜洼地则高达 146 克／升。

本区地下水自然涌水量统计为 4.36 升／秒，属地下水贫乏地区。

三、潜水盆地类型的地下水

这类潜水普遍分布于第三纪构造褶皱带内的地形低洼处，常为构造的向斜或倾没部分，已发现者如油泉子北面向斜洼地，油墩子北面向斜洼地、茫崖构造东端洼地、冷湖鄂博梁洼地、一里沟以西洼地以及一里坪一带的洼地等。在这些洼地内都存在这样潜水盆地类型的地

下水，其共同特点是：

1）含水层为古湖成因的化学沉积物，或风成一化学沉积物及残积一化学沉积物。含水层厚度不大，一般为2～5米，个别厚有10米，薄的不到0.5米。探坑或钻孔的涌水量极不一致，一般含水层为风积一化学沉积者涌水量较小，不超过1升／秒，而含水层为古湖成化学沉积者,因有盐晶洞而使涌水量增加。如在油泉子北面向斜洼地，钻孔抽水量可达13升／秒（降程仅1米）。

2）这类潜水都是矿化度极高的盐卤水，矿化度在160～450克／升间，水中氯离子和钠离子占到当量的百分之九十以上，水型均属氯化镁或氯化钙型。

3）洼地的潜水孤立地存在，而与现代补给联系极少，可能与构造向斜部位较老地层的含水层补给有关。此外，也存在古盐类沉积物中的积水。

总之，盆地的地下水分布有极其明显的独立性，分带性和分区性。它主要受气象补给量大小、第四纪沉积相等因素的控制，具有明显的规律性。掌握这个规律对寻找地下水资源会有很大的帮助。盆地地下水淡水资源极为丰富，随着技术的发展，将会给盆地的工业、农业和牧业带来很大的好处。石油系统和其它部门的水文地质工作者在50年代末期即已完成了全盆地的1：200000水文地质普查工作和部分供水水源勘探工作。已开发的有冷湖水源、阿拉尔水源和切克里克水源。但盆地内大量的地下水淡水资源尚未进行供水水文地质勘查，但已估计的地下淡水资源量，以十分之一用于饮用，即108万立方米／日，提出在柴达木盆地的人口可发展到600万人。这个数字可供制订盆地的长远规划时参考。

关于高矿化度地下水的利用，主要在于盐类矿藏。最有名的是察尔汗钾盐矿（光卤石），盆地内还有极为丰富的盐矿、芒硝矿、氯化锂矿和硼砂矿等盐类矿藏资源，现在有许多小型厂矿进行开发，而柴达木盆地将来势必成为我国盐类化学工业的发展地区之一。

四、盆地老第四系（即中下更新统 Q_{1+2}）的地层水

柴达木盆地属新构造运动强烈地区，老第四系沉积很厚（最厚有3200米）并形成构造，其地层水见于第四纪构造，而处于边缘地带的，有阿拉尔一号、红柳泉和七个泉，其地下水矿化度低，含水层以砾石层为主。在盆地中心地区的如小梁山、涩北一、二号，驼峰山、盐湖等构造的地下水，则为高矿化水。含水层以粉砂层为主。其水化学特征如表1-7-9。

从表中可以得出以下的水文地质意义：

1）阿拉尔一号、红柳泉、七个泉均位于尕斯湖区的西缘，现代地下水补给丰富，剧烈的交替作用已影响到 Q_{1+2} 的储水层，因而矿化度低，水型以硫酸钠型为主，和现代潜水有密切的联系。

2）小梁山位于阿拉巴斯套现代地下水停滞区范围内，Q_{1+2} 的地层水具有矿化水特点，水中含有不少氯化钾，具有封存性矿化水的特点。

3）盆地东部三湖地区的涩北一、二号，驼峰山和盐湖等构造均处于该区近代水停滞范围内，而 Q_{1+2} 地层水也具有封存性的特点，水型均属氯化钙型，并具有较深的变质程度，而它们的矿化度均低于 Q_{3+4} 潜水的矿化度。这说明在第四纪的地质历史中，随着层位的变新，盐化程度增强，客观上也反映了气候更趋于旱的特点。水中含硫酸根很低，认为是层内因伴有天然气而产生的脱硫酸作用之结果。

表 1-7-9　柴达木盆地中下更新统水化学特征表

地区	井号	产层深度 m	主要离子含量(mg／l)						矿化度 mg／l	酸碱度	水型	水性系数	产层类型	备注
			氯根	硫酸根	重碳酸根	钙	镁	钠和钾						
阿拉尔1号	阿浅1	90.8	121	90	375	60	49	101	796	7.7	碳酸钠	0.53	层状水	
红柳泉	老红深1		510	215	409	42	77	394	1647	7.7	碳酸钠	0.61	层状水	
七个泉	地面泉水		1672	300	447	77	472	416	3384	7.9	氯化镁	0.75	层状水	
小梁山	参1井	41.0～180.0	176227	35962	87	298	1327	126926+3019	343846	7.4	碳酸钠	0.84	层状水	
涩北一号	涩中4	676～890.2	81480	19	180	2405	1458	47424	132966	6.9	氯化钙	1.98	层状水	
涩北二号	涩中2井	1184.9～1152.2	61417	12	138	1908	981	35694+261	100411	7.5	氯化钙	2.15	层状水	
驼峰山	中6井	765.6～766.8	44661	10	157	1236	886	25937	72887	7.3	氯化钙	1.81	层状水	
盐湖	心1井	224.2～224.8	63959	13	61	3102	2580	33073	102788	7.7	氯化钙	1.72	层状水	

第四节　油　田　水

一、柴达木油田水的水化学特性及所含的微量成分

在柴达木各油气田地层水中的水化学特性和所含的微量成分是具有油田水特征的，它和盆地内其它天然水有着明显的差别。油田水在水型上以氯化钙型和重碳酸氢钠型为主（图1-7-4），水性系数高，在氯化钙型水中钠氯比值小于1，钙镁比值大于1，硫酸根含量小，脱硫酸作用明显。含有的微量成分中，做为油田水直接指标的碘，酚铵和水溶沥青等异常值明显，做为间接指标的硼、溴、氯化钙等也均与其它天然水具明显的区别。

为了和油田水对比，现把红柳泉构造新红深1井第四纪中下更新统（Q_{1+2}）地层水的（非油层）水性特征和所含微量成分表述如下：其矿化度为3830毫升／升，酸碱度为7.1，属硫酸钠型水，钠氯比（$r\frac{Na}{Cl}$）为1.07，钙镁比（$r\frac{Ca}{mg}$）为0.2，硫酸根含量为778毫克／升,脱硫酸系数（$r\frac{SO_4}{Cl+SO_4}$）为428,不含酚、环烷酸和水溶沥青；铵含量仅为1.75毫克／升，以邻近的浅6井 Q_{1+2} 含水层资料，不含碘，含硼仅有1毫克／升，以上各指标均反映为正常天然水的特点。

下面分别将油田水和油气有关的地层水各项指标列表如下（表1-7-10）。

表 1-7-10　柴达木盆地油田水及其

油田名称	井号	层位	产出层段 m	矿化度 mg/l	pH 值	Na/Cl	Ca/Mg	$SO_4^=$ mg/l
狮子沟	深 14	E_3	3356.0～3360.0	334898	6.8	1.07	∞	17123
花土沟	S_4-28-3	N_2^1—N_1	807.8～1035.2	208552	7.3	0.92	1.56	173
	N_8-48-3	N_1	1186.6～1172.2	196637	8.1	0.96	1.94	2832
尕斯库勒	跃深 10	E_3—E_{1+2}	3825.0～3828.0	213590	6.7	0.94	7.19	942
干柴沟	中 5	E_3	978.0～998.0	64609	7.8	1.1	0.38	467
咸水泉	中 7	N_2^1—N_1	615.2～1160.5	209497	7.1	0.99	1.44	65
小梁山	深 2	N_2^2	2073.44	304784	7.5	1.08	0.26	22885
油泉子	浅 27	N_2^2—N_2^1	282.0～434.5	296946	5.5	0.79	1.78	0
开特米里克	浅 36	N_2^2	148.89 裸眼井	161328	7.2	0.93	0.91	3018
茫　崖	中 1	N_2^2—N_2^1		316426	6.9	0.97	1.33	2594
土林沟	浅 2	N_2^2	9～149	312177	6.9	0.94	2.44	1168
南翼山	中 13	N_2^3		276380	5.5	0.79	4.34	65
尖顶山	深 2	N_1	1012.0～1402.0	215368	6.9	0.83	4.7	405
冷湖三号	7033	J_2	466.2～730.4	15508	9.4	0.70	6.4	7
冷湖四号	514	N_1—E_3	511.4～610.0	34938	7.5	0.66	0.92	0
冷湖五号	264	N_1	214.8～615.8	38398	7.2	0.83	1.37	85
马　海	中心 3	E_3	384.64～556.72	37741	7.6	0.692	5.87	0

地层水各项水文指标表

脱硫酸系数	水型	微量成分 mg/l									备注
		I	NH_4	Br	酚	水溶沥青	中性沥青	酸性沥青	B	Li	
63.37	$NaHCO_3$	16	80		0		0.2292		741.17		
1.0	$CaCl_2$	4.4	104.7		0.081	3.056	0.15	0.43			
17.54	$CaCl_2$	26.41		80.75					B_2O_3 829.5	27.25	
5.36	Ca_2Cl_2	17.28	315		0.162	2.445	1.467	0.275	137.96		
3214	$NaHCO_3$	19.4			1.69						含油构造
0.38	$CaCl_2$	24.0	339		0.58	9.78	5.865	1.467	402		
93.22	Na_2SO_4	3.32	383		0	6.112	0.06	0.06	46		含气构造
0	$CaCl_2$	29.0	927		0.101	1.2225	0.12	0.12	332		
22.71	$CaCl_2$	30.0	187		1.58	14.67	0.851	1.2225	735		
9.98	$CaCl_2$	27.4	544		0.19	<2.445	0.978	0.734	427		含油构造
4.54	$CaCl_2$	21.6	752		0.106	<2.445	1.956	0.856	197		含油构造
0.28	$CaCl_2$	31.6	1084		0.385	2.445	0.245	0.245	500		
2.27	$CaCl_2$	35.6	324		0.504	<2.445	<0.12	<0.12	171		
0.505	$CaCl_2$	2.48	11		0.074	4.278	0.366	0.366	2		
0	$CaCl_2$	18	1.29		0.36	8.75	0.3	0.08	1.63		
2.65	$CaCl_2$	20	5.16		1.20	24.94	2.363	0.886	30.55		
0	$CaCl_2$	7.84	0		0.212	<2.445	0.12	0.061	11		

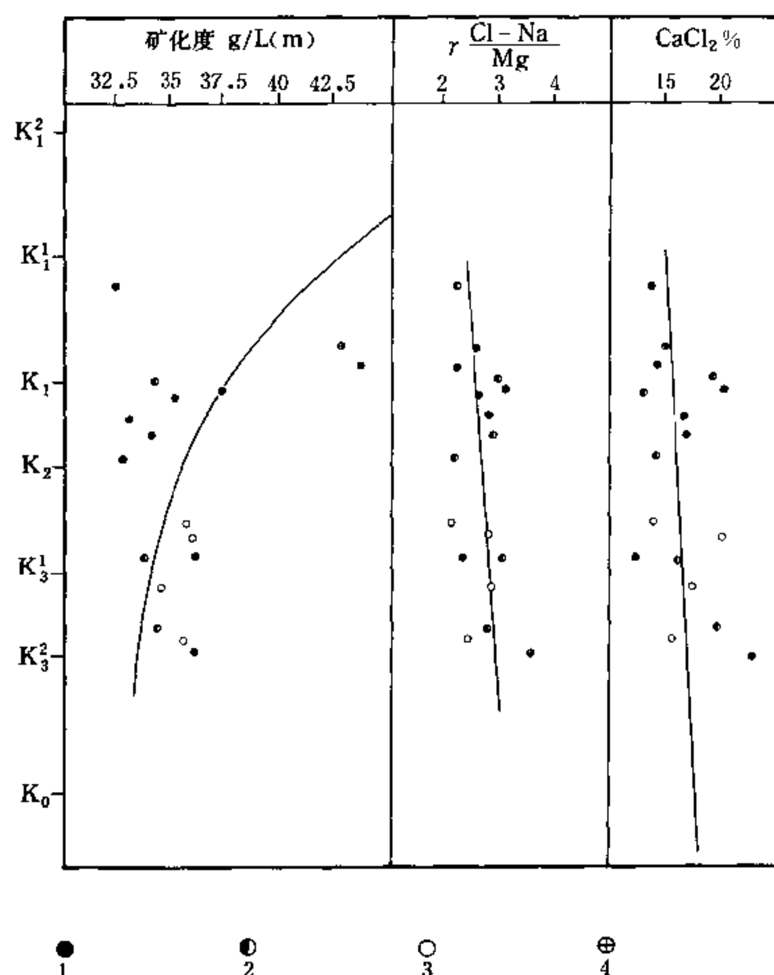


图 1-7-4　冷湖五号—高点四断块油田水性质纵向分析图

1—断块点位；2—二断块点位；3—三断块点位；4—四断块点位

从上表数据中可以看出从水型上有三种类型：即氯化钙型水、重碳酸钠型水和硫酸钠型水。其中以氯化钙型水居多数，钙镁比值均大于 1，钠氯比值小于 1，这是由于油田水在深埋而又长期稳定的情况下产生的阳离子交替作用的结果，这种环境显然有利于油气的生成和保存。另外一种水型是重碳酸钠型，这种水在天然淡水中常见，而在深层高矿化度的地层水中出现这种水型是由于浓缩和有机质的存在使硫酸盐还原的结果，盆地内在狮子沟深层和干柴沟构造的 E_3 地层水中有这样的特点，它说明这两个地方的 E_3 沉积水中有其独特的环境，也有利于油气的生成和保存。关于小梁山在 N_2^2 地层中所见的硫酸钠型水主要和储水层的岩性有关，开启程度偏高，与油气的关系不密切。

凡是与油气有关的地层水中，都不同程度地存在脱硫酸作用，使硫酸根的含量降低甚至为零，从分析结果来看，盆地北部如冷湖、马海等构造上油田水中的硫酸根含量一般低于盆地西部的一些油田，而且矿化度也较低，此外铵和硼的含量也很低，它反映这两个地区的油源条件有着很大的差别。

以水中的微量成分综合评价也具有油田水的特点。

碘的含量在 20～30 毫克／升左右，其浓度已达到工业开采的标准，而碘在淡水和地下

淡水的含量介于10^{-5}～10^{-3}毫克／升之间，在海水中的浓度也只有0.06毫克／升，而碘在植物中的平均含量为5×10^{-3}，因此腐殖质的生油母岩可以聚集碘。

铵的含量也很高，在盆地西部各油田水中可以达到数十到数百毫克／升，因为铵和有机质有密切的关系，地层水中的铵也应来自有机母质。

水中含酚，其来源只能是石油，它是油田水最直接的指标。水中的沥青质也来源于石油，中性沥青含量较高，是表明氧化程度弱。

硼在海水中的含量只有4.6毫克／升。硼在地层水中的聚集是浓缩的结果，它虽然不能单独地做为油田水的标志，但和其它微量成分综合评价，可以做为油田水间接标志。盆地西部各油田水的含量可以达到数百毫克／升，北部地区则含量很少。

二、油田水与油气运移的关系

一般地说油田水性质只能做为在探讨油气运移问题时供作参考。

1. 盆地西部

以水化学资料分析，盆地西部南区各个油田都有其各自的特性，主要表现为矿化度和水型两个方面，如红柳泉油田，储水层为下干柴沟组（E_3），其地层水矿化度在160000毫克／升左右，水型为氯化钙型，七个泉油田，储油层也为E_3，同层水的矿化度在200000毫克／升左右，水型为重碳酸钠型。以上两个油田层位相同，从水性上看其运移，储集条件各异。狮子沟油田，储油层为上干柴沟组到下油砂山组（N_1-N_2^1）同层水的矿化度在220000～250000毫克／升上下，水型属氯化钙型。花土沟油田，储油层也为N_1^1-N_2^1，同层水矿化度200000毫克／升上下，水型属氯化钙型，游园沟高点（属花土沟油田）层位和水性与之类似。这两个油田从构造上均属狮子沟构造上的狮子沟高点、花土沟高点、游园沟高点，三者的地质条件相同，水性特点也较一致，说明这两个油田的生油、运移、储集条件相同。油砂山油田储油层位也属N_1-N_2，同层水矿化度从150000～200000毫克／升上下，略低于狮子沟构造上的油田，而水型也均属氯化钙型，反映了它和狮子沟构造上的油田生、储油层的时代相同，而在相带上有所差别，水层有淡化趋势。尕斯库勒浅油藏（N_1-N_2^1）油田水性质与油砂山近似，但矿化度略低，深油藏储集层为下干柴沟组下段（E_3^1），同层水矿化度在160000～180000毫克／升，水型属氯化钙型。从整体上看这几个油田的储集层在横向上向南层位上由新变老，有淡化趋势，推测当时的物源和水源均来自于南面的昆仑山。

西部北区的油田水性质又有其单独的特性。如咸水泉油田，储油层为N_1-N_2^1，以泥质岩钙质岩的缝洞为主，水的矿化度在210000毫克／升左右，属氯化钙型。其东南面的油泉子油田，储油层为中上油砂山组（N_2^1-N_2^2）层位变新，而水的矿化度增高到250000毫克／升到300000毫克／升上下，水型属氯化钙型，再往东面的开特米里克油田，层位更新，属上油砂山组（N_2^2）同层水的矿化度为110000～200000毫克／升，水型也属氯化钙型，有淡化的趋势。油泉子以北的南翼山油田储油层也为N_2^2，同层水的矿化度高达300000毫克／升上下，均属氯化钙型，其东北面的尖顶山油田，储油层为N_2^1—N_2^2，同层水矿化度在220000毫克／升到250000毫克／升间，也属氯化钙水。从以上资料可以看出：西部北区的五个油田，储集层以N_2^1—N_2^2为主，储集层性质以泥质岩、钙质岩的缝洞为主，生油层亦即储油层，水型一般为氯化钙型，而矿化度各异，这就反映了"自生自储"近源运移储集的特点，矿化度的差别只能反映储集层在沉积相上的差异。西部各油田均具有原生油田的特点。

值得提出的是：在盆地西北部的七个泉、狮子沟深层、干柴沟的下干柴沟组（E_3）油田水水型均属重碳酸钠型，反映了其沉积环境，及以后的埋藏、压实、生、储条件、水质变化

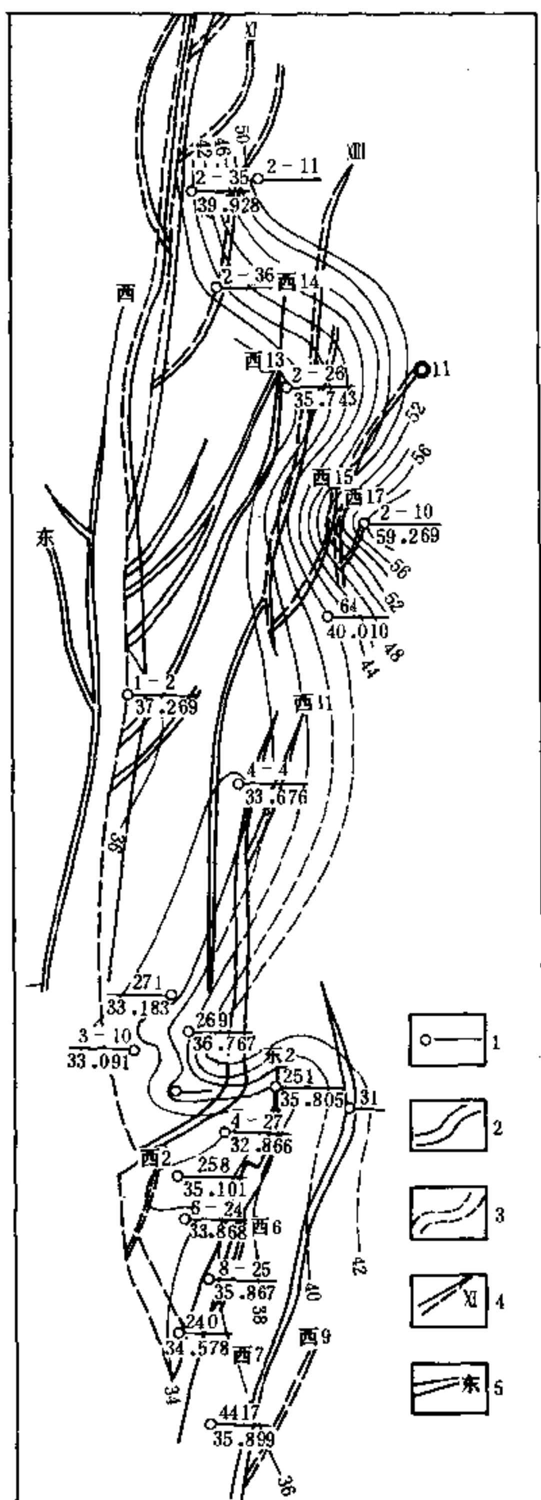


图 1-7-5 冷湖四、五号油田 K_3—K_1^2 油田水总矿化度平面变化曲线图

1—$\frac{\text{中井井号}}{\text{总矿化度}}$（克／升）；2—总矿化度等值线；3—资料不足总矿化度等值线；4—逆断层及断层编号；5—正断层及断层编号

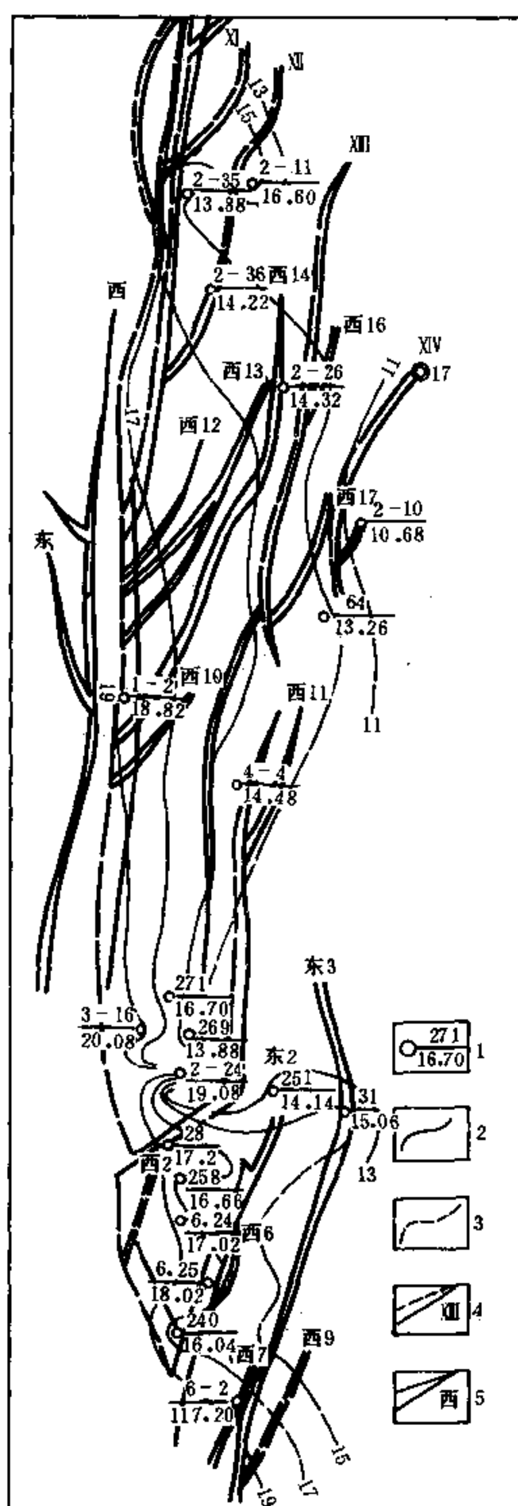


图 1-7-6 冷湖四、五号油田 K_3^1—K_1^2 油田水氯化钙含量（%）平面变化曲线图

1—$\frac{\text{中井井号}}{\text{氯化钙含量（\%）}}$；2—氯化钙含量（%）等值线；3—资料不足之氯化钙含量（%）等值线；4—逆断层及断层编号；5—正断层及断层编号

的独特性，预测这套地层应有其广阔的含油远景。

2. 盆地北部

盆地北部油田水的性质与西部有很大的不同,主要是矿化度低一个数量级,只有几十克／升，含铵量和含硼量少。资料较多的是冷湖四、五号油田，其油源来自侏罗系，属次生油田，水化学资料也有明显的反映（图 1-7-5）。

冷湖油田的层位属下干柴沟组到上油砂山组（E_3—N_2^1），井段很长达 800 多米，呈南北向长条状分布，为断层分割的断块油藏，沿轴部有一条西倾的高角度逆断层，为油气运移的主要通道，而油藏的四周有着广阔的地层水。

冷湖四、五号油田水的纵横向变化明显。以 71 口井水化学资料统计 K_6—K_3^1（N_1 与 E_3 的分界标准层）比其上的 K_3^1、K_1 的矿化度要低，变质程度要深，氯化钙含量高，老层位水的镁离子含量趋于减少。

从上图可见，矿化度向上增高，在 K_7—K_1^1 变化小，深部为 32 克／升，到 K_3^1 增至 35 克／升；K_3^1—K_1 变化幅度大到 K_1 附近为 38 克／升，到 K_1 以上可增至 50 克／升。变质系数在 K_7—K_6 附近为 3，到 K_1 以上变小为 2 左右，氯化钙含量深部水中为 20%左右，K_1 以上降到 15%以下，钙镁比值向上变小。

在横向变化上，在相同层位，靠近轴部大断裂的矿化度要低，（33 克／升），变质系数要高（2.4），氯化钙含量高（20%）；而在翼部的矿化度高（35 克／升），变质系数低(1.8)，氯化钙含量减少（14～18%）（图 1-7-6）。

从冷湖四、五号油田水性质的纵横向变化，可以看出沿构造轴部高角度逆断层，有一个来自深部的排水带在向上运动的过程中形成了沿大断层分布的次生油藏，而这个排水带的作用在冷湖五号是隐蔽的，而往北到冷湖四号则变为开启的，形成了油苗和泉水，使油田在运移的过程中产生破坏作用。

总之这种模式，在盆地北部有典型意义，如邻近的鄂博梁一号的双气泉也是这种成因，因此，在北部第三纪构造中，沿轴部断裂寻找次生油气藏是一个主要的途径。

第八章 天 然 气

柴达木盆地天然气资源主要有三种类型：第一种是在全国具有典型意义的、在盆地东部广泛分布颇有远景的、并且在天然气藏形成理论上提供了较多的新的概念的第四系生物成因天然气藏；第二种是油田伴生天然气；第三种则是第三系与石油有关的天然气藏。

据现有地质、地球物理及钻井资料，可以表明盆地东部地区是新生代晚期形成的大型沉积坳陷，其范围西起鸭湖、落雁山构造一带，东至南、北霍布逊湖，北界为陵间—黄泥滩—埃南断裂，南迄昆北大断裂（图 1-8-1），面积约 37000 平方公里。该区老第三系由西向东逐渐减薄且与基岩呈超覆接触关系，向东至小别勒湖一带，老第三系即不复存在。自渐新世以来，由于印度板块向北俯冲，致使青藏高原整体隆起，进而导致昆仑山、祁连山和阿尔金山强烈上升，从当时的海拔 1000 余米至第四纪晚期已经升高至海拔 4000～5000 米（据常承法，1984），而柴达木盆地东部地区明显相对沉陷，自新第三纪上新世开始即初步形成了以涩聂湖为中心的新坳陷雏形，第三纪末及第四纪早期，该区基底大幅度稳定下降，由于沉积物的不断补偿，快速地堆积了巨厚的上新统和第四系，沉积速度达 0.14 毫米／年。其中（Q_{1+2}）分布最为广泛，以厚度大于 1000 米的范围计算，面积可达 29000 平方公里，最大厚

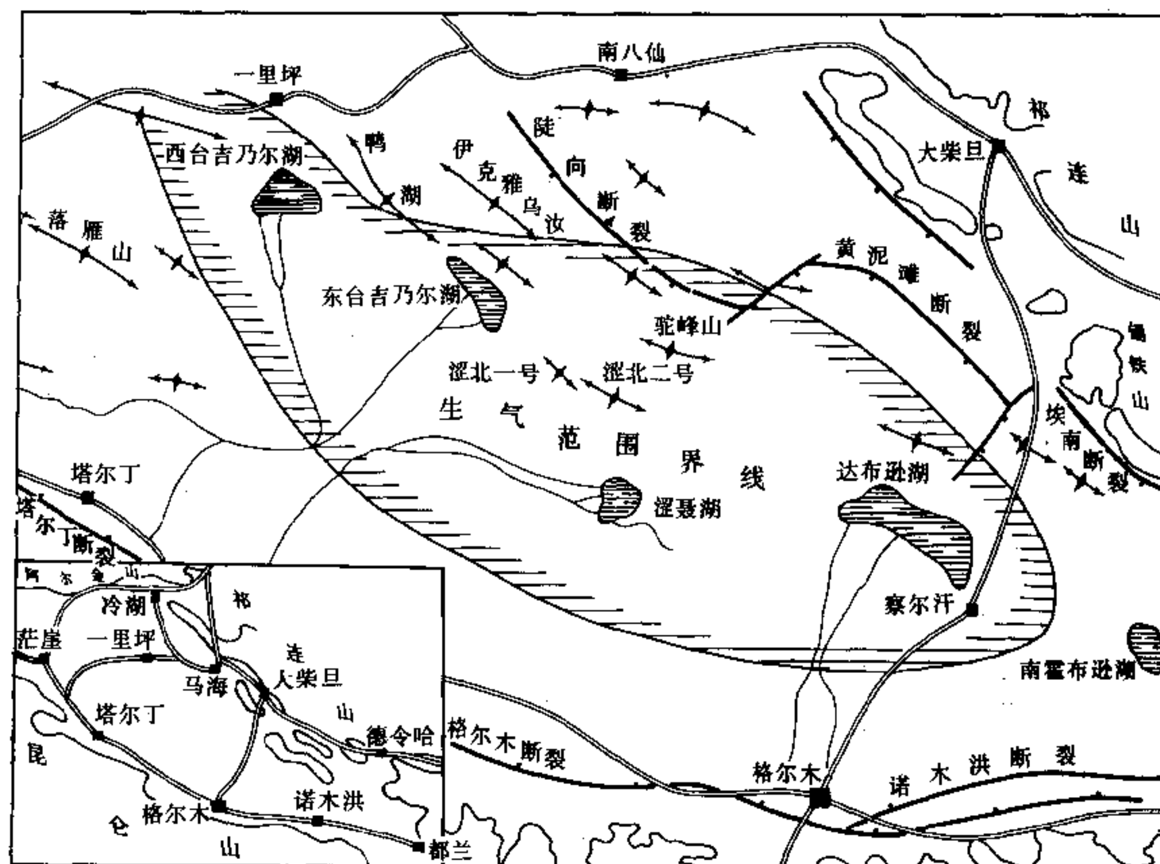


图 1-8-1 柴达木盆地东部地区气源层范围图

度2800米（根据地震提供的资料，在涩聂湖一带第四系底界埋藏深度最大为3200米，其中减去Q_{3+4}厚500米）。在这个大型沉积坳陷的腹部，岩性以灰、灰黑色的含腐殖质很高的泥质岩为主，为一套浅湖—半深水湖相夹沼泽相沉积，具有良好的生气条件，为形成柴达木盆地东部地区天然气提供了具有厚度大、分布广、生气物质丰富和生气指标较高的物质基础。目前该区已经发现4个气田，气层深度在65～1380米，并在台吉乃尔等构造已获工业气流。

第一节　第四系天然气的分布特征

柴达木盆地东部地区第四系七个泉组（Q_{1+2}）具备生成天然气的能力，这是一个普遍的现象，并且生气岩系在纵横分布上，都有其各自的特征。

一、平面分布严格地受生气坳陷的控制

盆地东部地区第四系七个泉组为一套良好的生气层，储气层主要为生气层系中的粉砂岩夹层，属同生型的生储组合关系。生气层所生成的天然气，经短距离的垂向和侧向运移而至储集层段，并在构造圈闭内富集，形成背斜型的天然气藏。

从已知含气构造与生气坳陷分布范围的关系来看，凡属生气范围内的构造，经勘探均证实为气田或获得工业气流。如处于生气范围内的涩北一号、涩北二号、盐湖、驼峰山等构造已证实为气田，台吉乃尔构造获得工业气流，霍布逊至达布逊湖以西地带，在地质矿产部勘探钾盐矿进行钻探时，也不同程度地见到了气流和天然气显示。相反，在生气范围以外的地区和构造上钻探，则未见天然气显示或气流。如哑巴尔构造，经5口井的钻探，并已钻穿第四系，但由于不具备生气条件，钻井和试气都未见到气的显示；又如伊克雅乌汝构造，细测查明圈闭面积160平方公里，闭合度450米，在构造顶部所钻的3口井均已钻穿第四系，同样由于缺乏生气条件而未见气显示；另外如在盆地南缘的甜格里、大水沟、大灶火、乌图美仁等潜伏鼻状构造上，虽已钻探，但未见任何天然气显示，这些地区缺少生气层是一个主要原因。总之，盆地东部地区第四系天然气分布于生气层坳陷内，若在生气层范围之外，即使有较好的圈闭条件，但由于缺少生气的物质基础，缺少形成气藏的条件。由上述事实，充分说明了盆地东部地区天然气的平面分布严格受控于生气坳陷。（参见图1−8−1）

二、纵向分布受控于第四系沉积环境与古气候条件

盆地东部在早、中更新世稳定沉降下，沉积了第四系七个泉组，以大套灰色（少许深灰）、浅灰色为主的巨厚层泥岩、砂质泥岩和棕灰、浅棕灰色厚层泥岩，砂质泥岩互层，夹少量薄层碳质泥、页岩及泥质粉砂岩、粉砂岩和细砂岩、钙质泥岩和泥灰岩。根据涩北二号涩中6井、涩深1井1200余米取芯进尺的925米岩芯剖面的描述（图1−8−2），灰、浅灰色泥质岩占地层总厚的70.91%，占泥质岩总厚的75.5%；碎屑岩及碳质泥、页岩分别占地层总厚的4.12%和1.96%，反映了本区第四系是浅湖—半深水湖内陆湖相为主夹沼泽相沉积的特点（表1−8−1）。

根据涩深1井、涩中6井取芯剖面，并结合其它各构造钻井资料的分析研究，从井口到第四系七个泉组底界，可以划分为五个生气层段：即K_2以上生气层段、$K_{2\sim5}$生气层段、$K_{5\sim7}$生气层段、K_7～K_{11}生气层段、K_{11}以下生气层段。其中以K_7～K_{11}、K_2～K_5为两个主要生气层段，各生气层段在纵向分布上的特点是：

K_2以上生气层段　地层厚185米，沉积时期盆地气候向干燥、寒冷的趋势发展，湖水

表 1-8-1　涩中 6 井、涩深 1 井岩芯分析沉积相与地球化学相

标准层（K）	地层全厚 m	各类岩层占地层全厚百分比%					沉积相与地球化学相
		碳质泥页岩	深灰、灰色泥质岩	浅灰色泥质岩	棕灰色泥质岩	粉砂岩细砂岩	
K_2以上	185	1.0	15.3	62.0	20.4	1.3	弱氧化浅湖相
$K_2 \sim K_5$	390.5	1.0	30.4	41.2	25.3	2.1	弱还原—还原浅湖相
$K_5 \sim K_7$	250.5	1.8	20.7	46.0	30.0	1.5	弱还原浅湖相
$K_7 \sim K_{11}$	344.5	4.7	35.85	37.75	11.8	9.9	上部为还原浅湖相 底部为滨湖沼泽相
K_{11}以下	39.91	2.5	14.0	36.0	35.5	12.0	滨湖相

注：1.根据本区第四系地层的岩性、电性特征，在纵向上从上到下分成 13 个标准层段，即 K_1、K_2……K_{13}。K_{13}为第四系与第三系分界。

2.地球化学相是根据岩样中 Fe^{+++}和 Fe^{++}及 S^{--}含量计算的氧化还原系数。

图 1-8-2　柴达木盆地东部生气岩沉积环境与有机质关系图

咸化。岩性几乎全是生气能力较差的浅灰色泥质岩，有机质贫乏，既是较差的生气层，又是第二产气层的区域性盖层。

$K_2 \sim K_5$生气层段　地层厚 390.5 米，沉积时期是盆地第四纪气温最高的时期，雨量充

沛，周围山区两度由针叶林覆盖，东部地区有大片胡桃科组成的阔叶林，与森林茂盛时期对应，湖水也曾两次变淡，水生生物繁盛，其中以光面球藻为多，是第二主要生气层和产气层段。主要生气岩的岩性为灰色、灰绿色泥质岩（占24.5%）、浅灰色泥质岩（占42%），其中K_2～K_3之间还有一定数量的深灰、灰黑色泥质岩，碳质泥、页岩较少，仅占0.1%。故本生气层段主要是腐殖质母岩生气。

K_5～K_7生气层段　地层厚250.5米，是温带气候下的沉积物，当时雨量减少，气候干燥，蒸发量增大，湖水咸度有所增加，水生生物数量减少，据有关资料分析，古湖泊边缘地带盐渍现象比较明显。岩性以浅灰色泥质岩为主，生气指标较低，因而生气能力也较差，是东部地区第四系七个泉组上、下气层组之间的隔层。

K_7～K_{11}生气层段　地层厚344.5米，沉积时期气候湿润，雨量充沛，湖水淡化，水体扩大，水生生物极为繁盛，以孢子、眠子菜、圆形克氏藻、盘星藻及疑源类最为丰富；周围亚热带山区生长着云杉、雪松、铁杉、罗汉松，山坡和山下还有桦科、胡桃科、椴树等阔叶植物；由于山区森林覆盖，流入湖内的水量相对增多。岩性以灰色、灰绿色暗色泥岩为主。尤其以K_8～K_9层段最优，岩性以暗色泥岩和深灰、灰黑色碳质泥岩为主（占72.5%）夹有较多的碳质泥、页岩（占2.6%），是生气岩厚度最大和集中分布的层段。据分析资料，有机碳为11.18%、氯仿沥青“A”为0.3244%，烃含量558（HC／ppm）。本层段有机质以腐殖型为主，这些有机质为生成大量的天然气奠定了物质基础，构成了第四系的最主要的生气层和产气层段。

K_{11}以下生气层段　地层厚约40米，沉积时期气候干燥温凉，湖面收缩，水体咸化。湖水四周以草原为主。岩性以生气能力很差的浅灰色泥质岩为主（占36.1%），并有不利于生气的浅棕灰色泥质岩，故本段为五个生气层中最差的。

上述表明，盆地东部地区早、中更新世植被类型为森林草原与草原的交替，相应的古气候为北亚热带温暖干燥和温凉干燥相间；湖泊水体始终存在，只是在森林草原及反映干燥度稍低的湿润气候时期，湖面相对扩大，湖水较淡，而草原期及其反映的温凉干燥气候下，湖面才有收缩，水体亦相对咸化。总观湖泊在不同时期虽有一定程度的扩大与收缩，但该处始终位处湖盆的中心，持续地接受了一套水深约小于15米左右的浅湖相沉积。中国科学院盐湖研究所1974年对该区“别勒滩”井深101米的岩芯用C^{14}测定其年龄为31800年，为晚更新世。又据孢粉组合研究结果，近30000多年间别勒滩曾多次出现过咸化和淡化，尤其是距今24000年左右在湖泊中生长着丰富的盘星藻和香蒲”直到距今23000年时，湖泊逐渐干涸，才以灌木和草木植物占优势为特征。这样，即能确定东部地区的第四系湖泊，可一直延续到晚更新世（距今23000年）。据此不难看出，盆地东部地区第四系七个泉组（Q_{1+2}）几个主要生气层与盖层的纵向分布，实为第四纪气候和湖盆变化的必然结果。

三、天然气的化学组分

勘探证实盆地东部第四系七个泉组（Q_{1+2}）天然气田属于甲烷干气藏。天然气重烃含量极低，不到0.1%，甲烷含量大于97%。据分析资料，这种天然气既不是“油田气”或“石油烃类长期埋藏变质到最后阶段所形成的“最终甲烷气”，也不是半无烟煤到无烟煤阶段所形成的“煤田气”，而是有机物质包括腐泥—腐殖质在相当于“最初甲烷气”阶段或“泥炭化”阶段时，在还原环境下，植物残屑和蛋白质经过细菌分解和化学作用形成的一种以甲烷为主的生化阶段天然气，与我国洞庭湖、长江三角洲、上海县等第四纪沼气基本相似。其性质表明，以高甲烷、高含氮、低重烃为该区天然气的主要特征，天然气组成见表1-8-2、1-8-3。

1.有机质的组成特征

由于第四系属快速堆积，有机质的浓度被稀释而丰度不高，灰色、浅灰色泥岩有机碳含量最低，为0.10～0.23%，深灰色、灰黑色泥岩稍高，为0.10～0.50%，只有薄层状碳质泥岩和碳质页岩可高达5.4～17.1%（见图1-8-2）。埋深小于1000米的地层，所夹碳质泥岩为数甚少。埋深1300～1500米层段，碳质泥岩夹层多，有机质相对富集，从而在总体上提高了有机质的丰度。第四系的沉积环境以表1-8-4中的KFe系数的大小来衡量，多为弱还原相，随埋藏深度的增加弱还原环境有所加强，这对当时有机质在沉积物中的保存和生物成气作用的进行是有利的。

（1）氯仿沥青"A"和烃　氯仿沥青"A"与烃的含量与有机质的丰度分布是一致的，灰色、浅灰色泥质岩中的含量极低，氯仿沥青"A"小于0.018%；烃含量只有10～47ppm。碳质泥岩、页岩中两者的含量都高，氯仿沥青"A"达0.295～0.788%，烃含量为105～1207ppm（见表1-8-5）。

表1-8-2　柴达木盆地东部地区第四系天然气组成的平均数据

地　区	层　位	CH_4 %	C_2H_6+C_3H_8+C_4H_{10} %	N_2 %
涩　北	Q_{1+2}	98.66	0.08	1.26
驼峰山	Q_{1+2}	97.83	0.07	2.10
台吉乃尔	Q_{1+2}	97.62	0.08	2.30

表1-8-3　柴达木盆地东部地区第四系天然气组成Ⅰ

井　号	井　段 m	样品数	气体组成（%）			$\frac{CH_4}{C_2H_6+C_3H_8}$
			CH_4	C_2H_6	C_3H_8	
CK193		1	97.0	0.22		440.91
老深1井	65.0～210.0	5	95.89	0.04	0.06	958.9
新深1井	283	1	95.5	0.20	0.30	191
中2井	861～898	2	95.08	0.06	0.015	1267.6
中9井	701.8～745.2	2	97.89	0.06	0.02	1223.6
深11井	1403.4～1405.6	1	98.4	0.09	0.03	894.5
深15井	1356.2～1357.1	2	99.8	0.095	0.02	868.6
深16井	1360～1374.6	1	99.78	0.10	0.01	898
中1井	1284～1297.6	2	96.68	0.665		145
中2井	794.4～1141.5	2	98.59	0.04	0.06	985.9
1井	1132.2～1135.6	1	99.69	0.08	0.02	996.9
聂深1井	2632.6～2638.4	1	98.92	0.16	0.02	549.6

表 1-8-3　柴达木盆地东部地区第四系天然气组成Ⅱ

气层深度（m）	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	N_2	CO_2	采样地点
30～46	98.46	0.02		1.51		涩东地区 60 测线、115 测线
320～746.24	99.27	0.02		0.71		聂中 2 井
491.6～494.00	4.39			95.61		驼峰山中 6 井
622.10	39.66	0.02	0.02	60.30		台吉乃尔台中 3 井
634～636	2.25			97.75		涩北 1 号、涩 4 号
782～791.60	98.75	0.06	0.02	1.17		涩中 6 井
850～851.6	98.87	0.06	0.02	1.02	0.03	涩中 4 井
794.40～1141.50	98.59	0.04	0.06	1.31		涩中 2 井
861.80～864.20	90.51	0.06	0.03	9.40		驼峰山中 2 井
910～1152	97.2	0.06	0.02	2.72		涩中 8 井
1191.60～1193.00	99.76	0.04	0.01	0.19		聂中 1 井
1256.40～1262.00	97.72	0.08	0.02	2.18		聂中 9 井
1284～1297.60	98.57	0.08	0.02	1.33		涩中 1 井
1403.40～1405.6	98.4	0.09	0.03	1.48		涩深 11 井

表 1-8-4　氧化-还原系数（%）

埋　深（m）	碳质泥、页岩	深灰色泥质岩	灰、灰绿色泥岩
<1000	0.39	0.26	0.25
>1000	0.51	0.32	0.23

表 1-8-5　氯仿沥青"A"含量（%）

井　段（m）	碳质泥、页岩	深灰色泥质岩	灰、灰绿色泥质岩
<1000	0.7877	0.0071	0.0122
>1000	0.2946	0.0184	0.0120

（2）**腐植酸**　从图 1-8-2 中可以看出，腐植酸和含氮化合物（有机氮）的含量，远比氯仿沥青"A"的含量大，它的分布同样随岩芯中有机质的含量而异。浅灰色、灰色泥岩中，腐植酸总量虽低，但占有机质的百分比却较高，一般在 20.5～79.6%；碳质泥、页岩中总量虽高，但只占有机质的 11.1～30.0%。有机氮的含量分布，当腐植酸相同，在灰色、浅灰色泥岩中，总含量较低，但可占有机质总量的 15.3～52.36%，碳质泥、页岩，总含量较高，却只占有机质的 2.3～5.7%。另外，从图 1-8-2 中腐植酸随深度的分布来看，在深度小于 855 米的灰色泥岩中，只有黄腐酸，没有棕腐酸和黑腐酸。小于 550 米层段，腐植酸的含量

远大于有机碳的含量，这可能是在腐植酸中含有腐植酸盐类（因为从深度小于650米是咸化层段），也可能是，一部分含氮化合物和酸类也加入了腐植酸的行列。这一现象在图1-8-3表现得十分明晰，两者几乎成正比关系，直到深度大于890米的层段，灰色泥岩才开始有棕腐酸和黑腐酸，而碳质岩则不然，却都有黑腐酸和棕腐酸存在，黑腐酸含量略小于黄腐酸。黑腐酸一般是早期干酪根的组成部分。有趣的是，从1310米往下，黑腐酸含量超过了黄腐酸。表明腐植酸中的易溶部分，已经逐步转变成更大分子结构的不溶部分——干酪根。

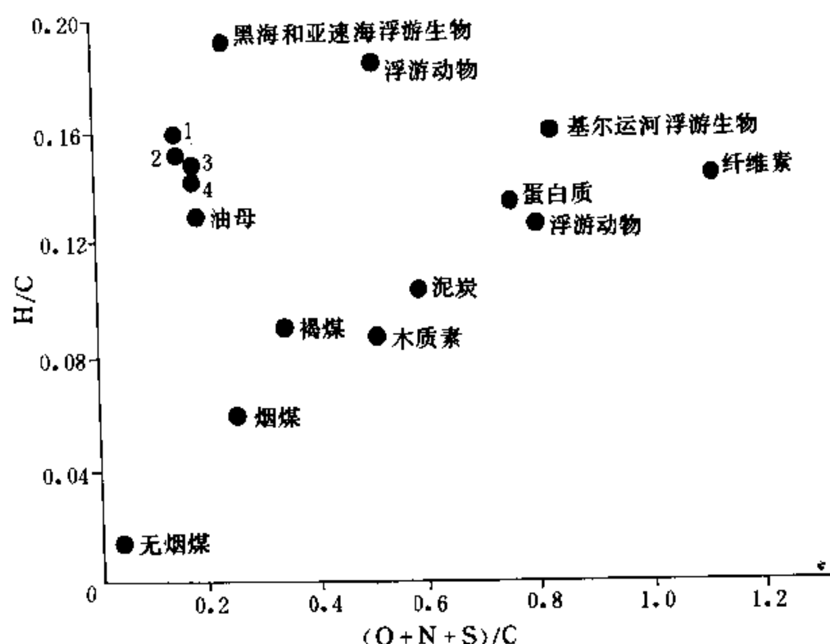


图1-8-3 第四系生气岩有机母质的推断

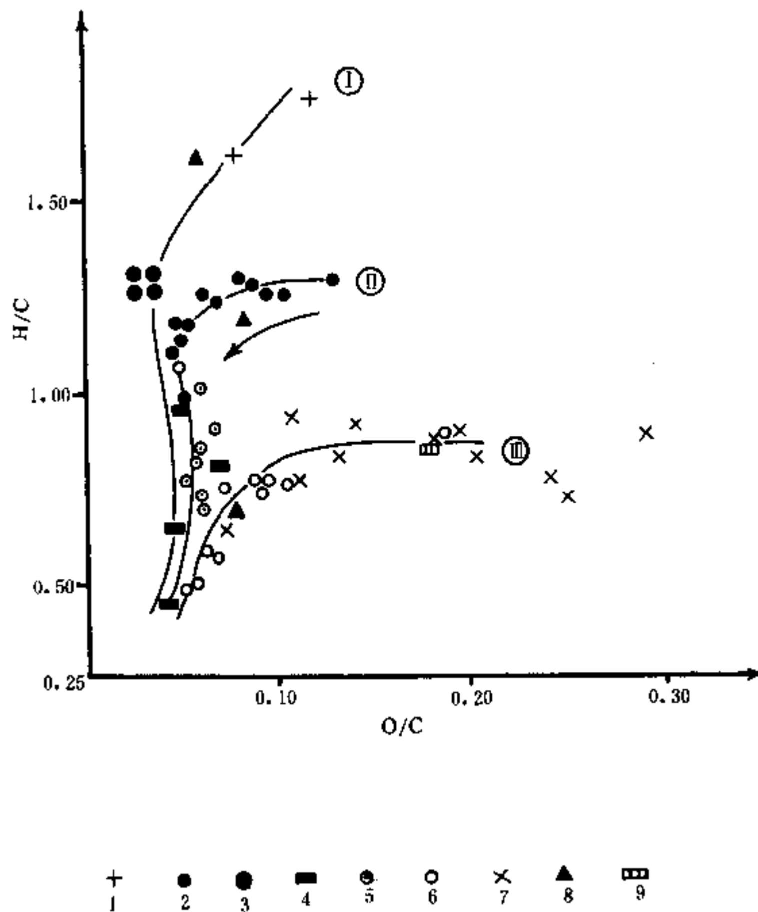
1—油酸；2—脂肪；3—东部第四系碳质页岩；4—东部第四系泥质岩

(3) 氯仿沥青"A"的族组分　图1-8-2和表1-8-6清楚地说明，氯仿抽提物以非烃为主，占40～70%，饱和烃低，小于未成熟的生油岩，更小于成熟的生油岩，而高于煤。灰色、深灰色泥岩的芳香烃在深度小于800米时，含量较低，数值变化也大；深度超过800米，含量稳定在6.8～9.7之间，且沥青含量往往大于芳香烃含量，直到深度大于1400米时，含量才小于芳香烃。碳质泥岩、页岩中芳香烃含量更低，沥青质含量大于饱和烃。深度小于1000米时，沥青质含量还大于两者之和；深度大于1300米时，含量降低至5.6～8.9%，芳香烃含量增高，大多在8.5～12.6%，但比煤低。非烃含量最多，是因为包含了较多的含氮杂环化合物和有机酸类物质，并包括一部分腐植酸，这点已明显地表示于图1-8-4。

上述事实表明，氯仿沥青"A"的未成熟特性，是直接由生物残骸中秉承下来的尚未变化的物质，含有大量的羧、酮、醚、酯、硫等基团，故带有原始有机质的性质，特别是小于500米的层段，尤为明显，并说明两类岩石的原始有机性质的不同。这可从钻井岩芯得到证明：灰色泥岩常含螺蚌和陆生植物化石，孢粉鉴定还含丰富的水生植物。碳质岩类则主要为陆生植物，缺乏螺蚌化石。这种主要由植物的树脂、植物蜡、脂肪等比较稳定的物质，在埋藏过程中，向泥炭方向演化。氯仿抽提物与其衍生物在常压下有20%能溶于中性溶剂，生

表 1-8-6 氯仿抽提物族组分含量表（%）

沉积岩类型		饱和烃	芳香烃	非 烃	沥青质	样品数
生气岩	碳质泥、页岩 Q_{1+2}	13.18	7.51	60.26	19.05	10
生气岩	泥质岩 Q_{1+2}	16.46	12.39	66.66	4.49	8
未成熟生油岩	泥质岩 N_2^3	19.72	11.01	42.11	17.89	1
未成熟生油岩	泥质岩 N_2^2 上部	25.65	9.69	46.28	18.38	1
生油岩	泥质岩 N_1	35.16	14.83	41.20	8.81	11
生油岩	泥质岩 E_3	42.80	11.93	38.57	6.66	8
煤		4.80	14.66	33.93	46.61	2



1 2 3 4 5 6 7 8 9

图 1-8-4 干酪根演化图

1—藻干酪根；2—阿拉伯湾石炭系；3—下托尔页岩、巴黎盆地；4—斯比茨伯根上古生界—三叠系；5—撒哈拉志留系；6—杜阿拉盆地上白垩统；7—西加拿大下乌恩维尔；8—其他；9—柴达木盆地第四系

物分解时，便产生气体，所以一些岩石的氯仿沥青"A"含量减少。盆地东部地区第四系有机质中的沥青质，并非中性沥青质，而主要是沥青质酸。因为沥青质溶于氯仿，不溶于石油醚和乙醇，而沥青质酸虽不溶于石油醚，却溶于氯仿和乙醇。根据这一特性，可使两者区分开。据此确定第四系生气岩中"沥青质"主要是沥青质酸，进而又将盆地内第三系生油岩与原油中的沥青质用乙醇溶解，获得结果如表 1-8-7。

表 1-8-7 柴达木盆地沥青质性质对比表

盆地不同来源的沥青质类型	沥青质在乙醇中的溶解能力	沥青质性质
第三系（$E_3N_1N_1^2N_2^2$）生油岩中沥青质	不　溶	中性沥青质
第三系原油中的沥青质	不　溶	中性沥青质
侏罗系生油岩中的沥青质	微　溶	以中性沥青质为主微含沥青质酸
东部第四系生气岩中的沥青质	溶	以沥青质酸为主
煤中的沥青质	易　溶	沥青质酸

从上表可以看出：侏罗系生油岩、第四系生气岩及煤系地层中都见丰富的植物化石，故这些岩石中氯仿抽提物的沥青质都含沥青质酸或属沥青质酸，生油岩中至今未见植物化石（只见植物的孢粉），说明沥青质酸与原始有机物有关，即与高等植物和陆源腐植质形成的以芳环结构为主的干酪根有关；石油中不含沥青质酸，生油岩中沥青质酸含量很少，一般不含。这样，可以借助于沥青质酸的含量来判别生油岩和生气岩。盆地东部地区第四系的沥青质主要是沥青质酸，因此，尽管第四系碳质泥岩氯仿沥青"A"含量高，勘探证实只找到甲烷干气藏。

（4）氯仿抽提物的元素组成　表 1-8-8 表明第四系生气岩有较高 H／C 比和（O+S+N）／C 比，前者与第三系生油岩比值相当，仅次于原油，后者比原油、生油岩甚至煤都高。有力地说明生气岩的氯仿抽提物是富氢有机物，同时又是富含氧、氮的有机物，这一特征很相似于现代生物及其初始演化物。

2.有机质类型与演化阶段

表 1-8-8 氯仿抽提物的元素组成

沉积岩类型		C %	H %	O+S+N %	H／C	$\frac{O+S+N}{C}$	样品数
生气岩	第四系碳质泥、页岩	75.87	11.47	12.66	0.1512	0.1669	9
生气岩	第四系泥质岩	76.20	10.90	12.90	0.1430	0.1693	8
生气岩	侏罗系泥质岩	78.95	9.66	11.39	0.1224	0.1443	6
生气岩	第三系泥质岩	77.90	11.49	10.61	0.1475	0.1362	25
原油	第三系	84.74	13.90	1.36	0.1640	0.0160	12
煤	侏罗系	80.26	8.51	11.23	0.1060	0.1399	2

第四系地层中有机质虽然埋藏至2700～3200米的深度，但由于埋藏时间短，尚处于成岩早期的未成熟阶段，根据以下指标的鉴定，主要是腐殖型有机质。

(1) 热解色谱的氢、氧指数　按照表1-8-9，黄第藩、周翥虹等的热解类型指数分级标准，所分析的17块岩样 S_2/S_3 比值只有两块（0.44和0.67）稍大于0.4，勉强可定为含腐泥-腐殖型，其余如图1-8-5所示概为标准的腐殖型。

表1-8-9　热解类型指数分级标准

类　型	代　号	指数 S_2/S_3
标准腐泥型	I_1	＞10
含腐殖-腐泥型	I_2	5～10
混合型	Ⅱ	2.5～5.0
含腐泥-腐殖型	$Ⅲ_1$	0.4～2.5
标准腐殖型	$Ⅲ_2$	＜0.4

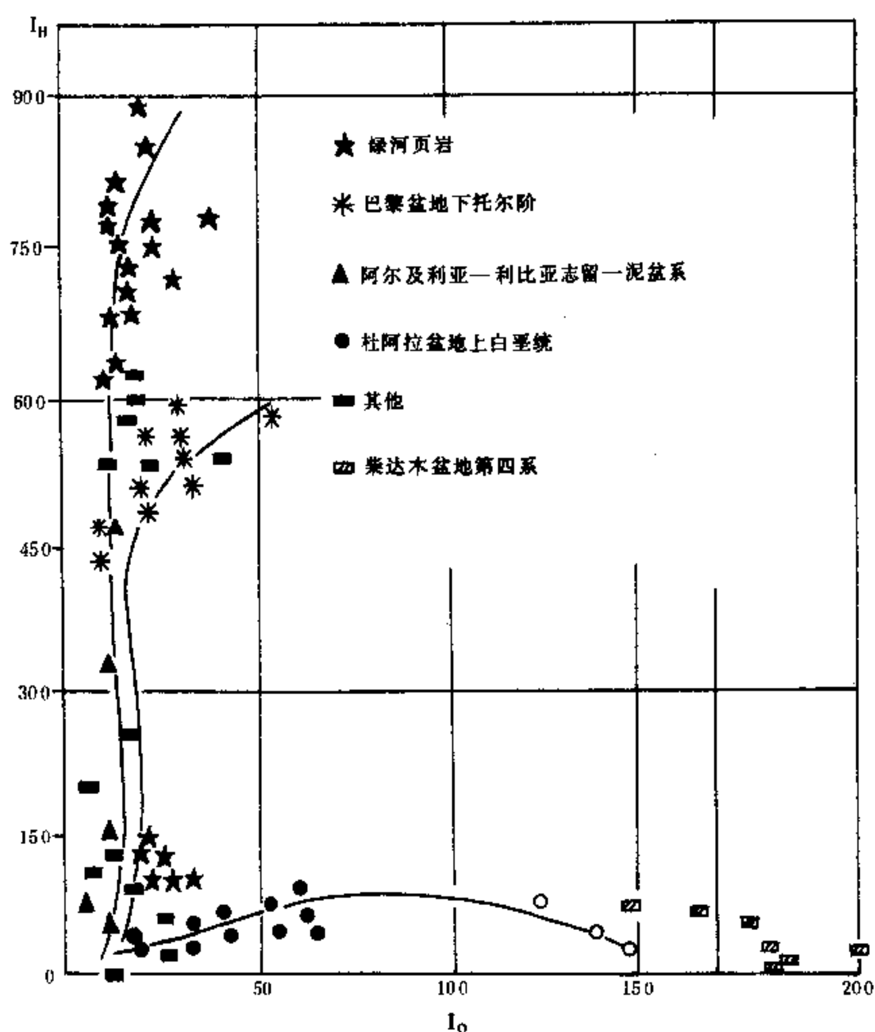


图1-8-5　应用热解指数划分生油岩类型

表 1-8-10　热解分析数据表

井号	井　深 m	T_{max}	S_1 $mg_{烃}$ / $g_{岩石}$	S_2 $mg_{烃}$ / $g_{岩石}$	S_3 $g_{岩石}$ / mg_{CO_2}	$\frac{S_3}{S_2}$	IH	IO	有机质类型
涩中2井	228	380	0.11	0.02	0.43	0.04	15	330	标准腐殖型
	298.7～301.7	381	0.33	0.43	0.64	0.67	159	237	含腐泥腐殖型
	384～387	398	0.90	0	0.41	0	0	315	标准腐殖型
	633.71～644.71	260	0.09	0	0.62	0	0	476	标准腐殖型
	766～768.25	207	0.06	0	0.29	0	0	207	标准腐殖型
	791.64～796.78	243	0.08	0	0.47	0	0	427	标准腐殖型
涩中6井	540.34～544.72	353	0.02	0.06	0.79	0.07	21	282	标准腐殖型
	641.42～646	270	0.12	0.03	0.47	0.06	15	247	标准腐殖型
	749.65～757	272	0.16	0.05	0.46	0.10	21	200	标准腐殖型
	852～855.22	267	0.14	0.05	0.32	0.15	27	177	标准腐殖型
	953～956	269	0.13	0.01	0.25	0.04	7	1.78	标准腐殖型
	1043.5～1051.64	379	0.13	0.15	0.72	0.20	42	205	标准腐殖型
	1138.5～1146.67	368	0.09	0.05	0.36	0.13	25	180	标准腐殖型
涩深1井	1149.29～1158.62	272	0.13	0.03	0.40	0.07	13	181	标准腐殖型
	1210.50	272	0.08	0.05	0.36	0.13	38	276	标准腐殖型
	1312.54～1317.49	355	0.15	0.10	0.31	0.32	55	172	标准腐殖型
	1422.57	413	0.17	0.25	0.56	0.44	64	143	含腐泥腐殖型

表 1-8-11　干酪根的元素组成

地区及层位	干酪根类型	原子比	
		H／C	O／C
柴达木盆地东部第四系	腐殖型	0.87	0.18
喀麦隆杜阿拉盆地上白垩统	腐殖型	0.99	0.20
松辽盆地白垩系青一段	腐泥型	1.59	0.064
美国犹因他盆地始新统绿河页岩	腐泥型	1.44	0.08
干酪根分类标准	腐泥型	>1.40	<0.1
	腐殖型	<1.0	>0.15

（据 B.P.蒂索，D.H.威尔特《石油形成和分布》以及《中国陆相油气生成》两书）

(2) 干酪根　碳质泥、页岩的干酪根的组成，经镜下鉴定以惰质体为主，含少量角质体与微量的无定形，属腐殖型干酪根。元素分析结果的 H／C、O／C[●] 比值编作的图 1-8-6 和表 1-8-11，也说明为腐殖型，且处于未成熟的初始阶段。

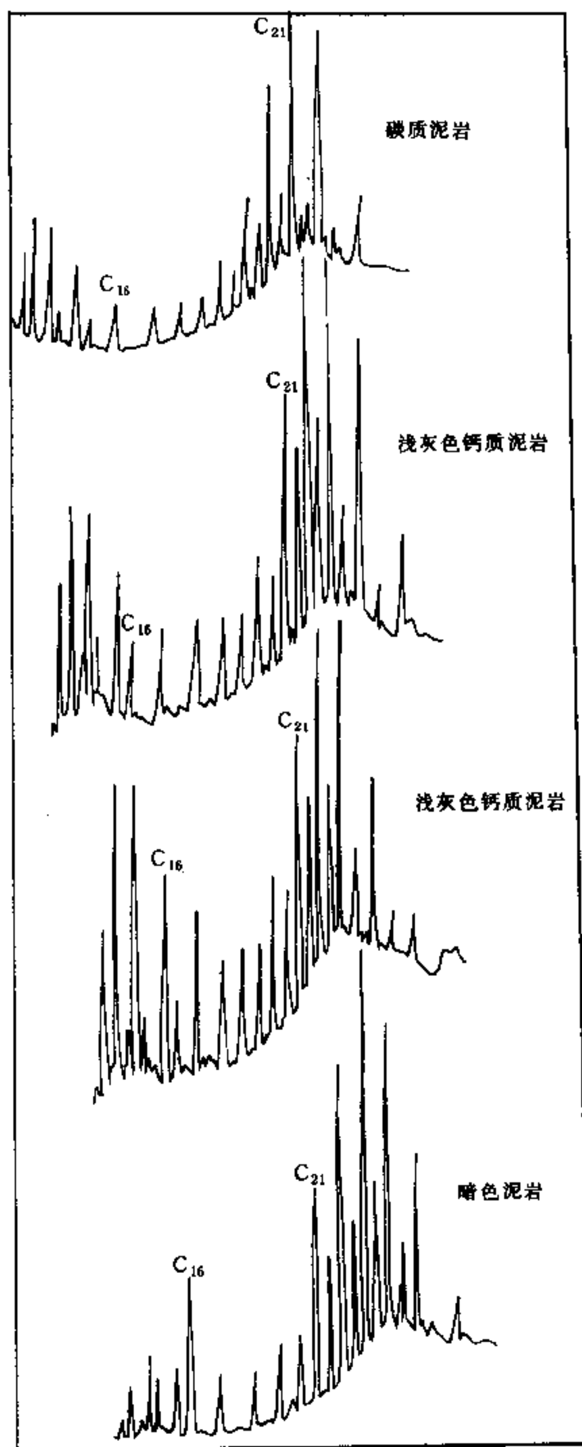


图 1-8-6　饱和烃色谱图

●干酪根的组成和元素分析，由石油工业部石油勘探规划院化验室测定。

盆地东部地区在井深380～1655米暗色泥岩和碳质泥、页岩的岩芯中，普遍见尚未石化的螺、蚌和植物的干、茎、叶碎片，而在生油岩和褐煤中，一般可见到动、植物体的印痕和炭化了的植物碎片。从成岩程度上看，显然盆地第四系仍处在成岩作用的早期阶段。

1) 图1-8-6中于井深389～1552米的饱和烃色谱图上，正烷烃在水质淡化期呈奇数碳优势，水体咸化时显偶数碳优势，尤其在C_{24}～C_{33}之间的峰群更为突出，无疑是不成熟的烃类谱图的峰群分布表明，以生物蜡为主要母质的长链正构烷烃占了绝大部分。而C_{11}～C_{16}峰群的轻质烃部分，显然是高等植物经过细菌分解的产物。谱图的基线变化，可能由于存在甾、萜类化合物所引起。由色谱图还能看到，虽都属不成熟的烃类，随着埋藏深度的增加，正烷烃峰群的主峰，逐渐向碳数小的方向移动，表明热演化作用已在进行。

2) 499～1586米间的芳香烃红外光谱图（如图1-8-7）吸收峰繁多，按吸收峰的特征有：2920、2860、1460和1380的CH_2、CH_3吸收峰很强，而且1460与1380两个峰差不多都有分裂现象，表明芳香核上的烷基取代基和侧链的加强，烷基侧链上的甲基支链又较多，相应的长侧链的吸收峰同样比较明显，说明脂族化合物比较丰富，表示$C\genfrac{}{}{0pt}{}{=O}{-O}$链的1740（脂）和1171（醚）的吸收峰明显，也证实脂类的量甚多。1700～1720的酸、酮和芳香酯和1070、1030、1010、960等峰虽弱，但已证明有S=O链、芳香酮、芳醚和芳香酸等杂环化合物。1600的芳香核上C=C链和3030的C-H链吸收峰，芳香核的几类氢原子870、810和740吸收峰都比较清晰。从上述可知，芳香核上的取代基多，单环、稠环和杂环芳香烃都有，而生油岩和原油芳香烃都比较单一，也不同煤那样，芳香核和多核芳香烃峰特强，这种现象正表明是未成熟的芳香烃化合物的特征。自浅至深也清楚地看到，1740和1170吸收峰减弱，1720吸收峰、多核芳香烃的740吸收峰增强，长链脂族化合物的700吸收峰往深处减弱的演化现象。图1-8-8的非烃红外光谱也表现同样现象，脂肪族的吸收峰强大，自浅至深杂环类化合物吸收峰数量减少逐渐趋于单一。

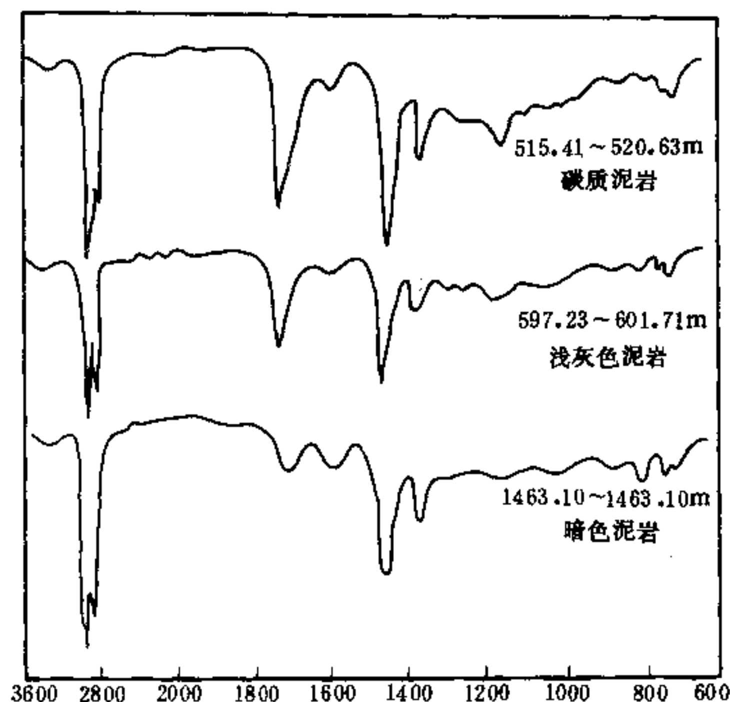


图1-8-7 芳香烃红外光谱图

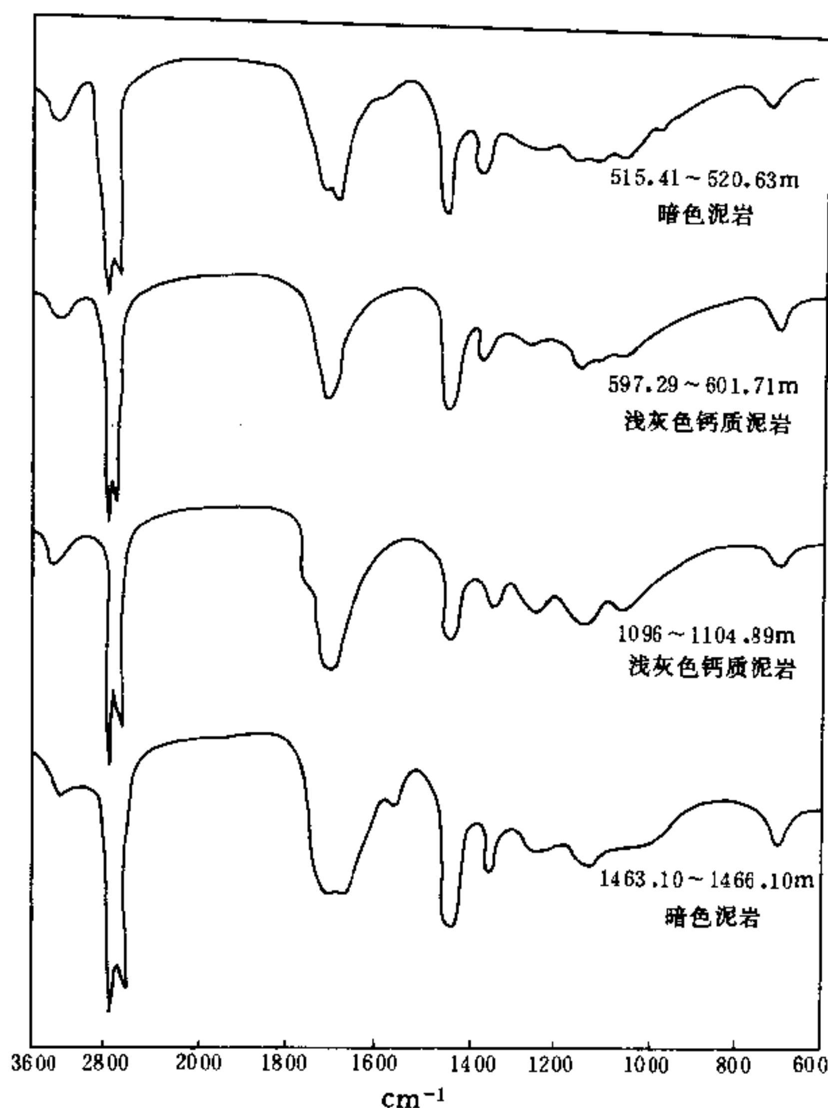


图 1-8-8　非烃红外光谱图

3）芳香烃的紫外吸收峰表明（见图 1-8-9），双核的萘系和多核芳香烃两个吸收峰很强，完全与红外光谱可以对应，显然是有机质的原始化合物尚未遭到很大变化。图 1-8-10 中非烃的色素化合物经紫外光谱测定，多属早期的绿素类化合物，尚没有形成色素化合物。

4）碱性溶液溶解的腐植酸，多以浅黄色、棕黄色的黄腐植酸为主，而与褐煤的酱褐色、棕黑色的腐植酸液明显有别，直到深 1562 米处也没有明显变化。暗色泥岩的腐植酸／有机碳比值为 0.96～1.4，大于盆地的第三系和侏罗系岩石，碳质泥岩比值为 0.18～0.19，远小于侏罗系的煤，在成岩作用不断加强过程中，腐植酸含量是逐渐降低而消失的，而第四系地层这种比值自浅至深变化不大，表明处在初始阶段。

上述事实和资料表明，盆地东部地区第四系地层没有经过高温高压条件下的物理化学作用，而使沉积有机质转化成气态烃的，其主要营力自然不是热成熟作用，实则主要是生物化学作用。从现有地温资料可以证明，盆地东部主要生气区第四系底界埋深 1700～2400 多米，地温也升至 50℃，甚至可达 60℃（见图 1-8-11）。但由于地层时代新，埋藏时间短，

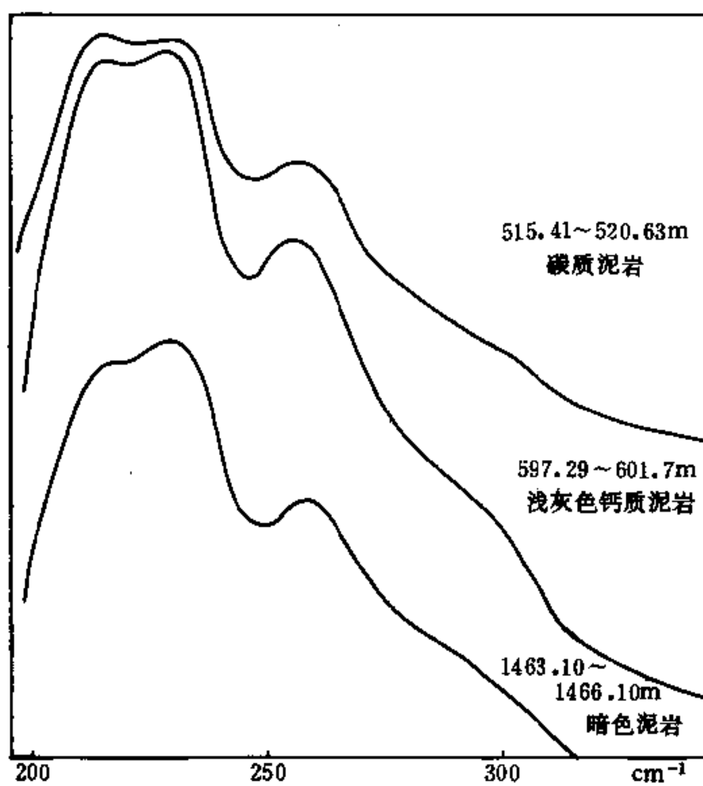


图 1-8-9 芳香烃紫外光谱图

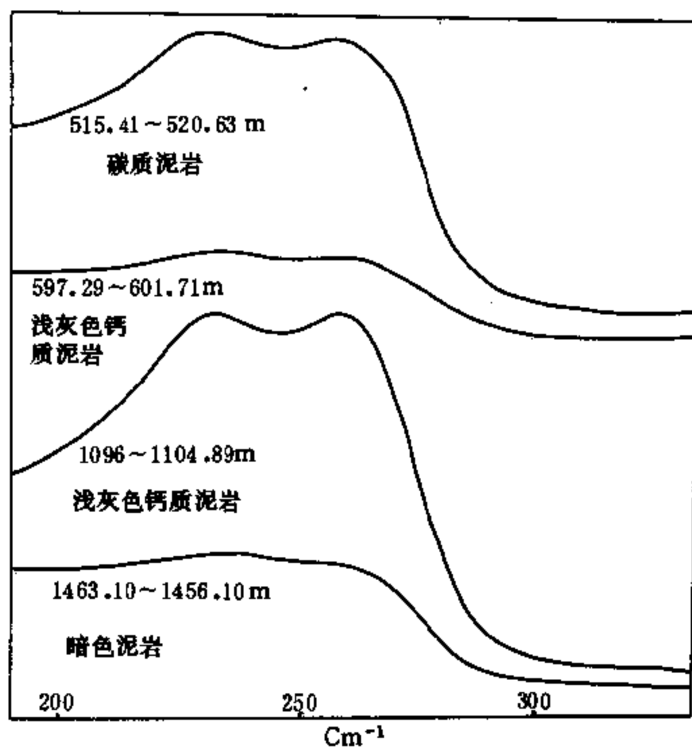


图 1-8-10 非烃紫外光谱图

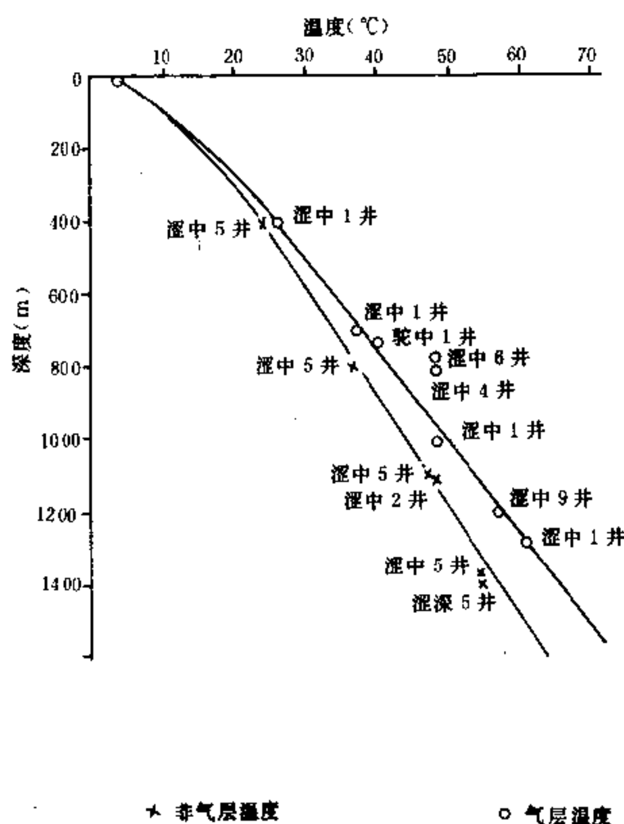


图 1-8-11 柴达木盆地东部地区第四系温度—深度关系曲线

有机质仍处在未成熟阶段。若按煤阶划分，也是处在泥炭阶段。结合热解资料分析，第四系有机质类型从色谱、红外资料看，应是腐殖质为主含有腐泥质。

四、天然气的类型

天然气的甲烷碳同位素组成（$\delta^{13}C_1$ 值）、氢同位素组成（δD 值）和其它化学组成可以确定天然气的成因类型。小凯利认为天然气的甲烷含量大于 95%，$\frac{CH_4}{C_2H_6+C_3H_8}$ 比值分布在 100～1000，甲烷的 $\delta^{13}C_1$ 在−58～−80‰之间是生物化学作用形成的天然气；斯科尔认为甲烷的 $\delta^{13}C_1$ 为−64～−80‰之间，C_2H_6 以上的重烷气体含量小于 0.5%的气体是生物作用成因的天然气。天然气中甲烷的碳同位素组成−$\delta^{13}C_1$ 值分类和柴达木盆地天然气甲烷的碳同位素数据参见表 1-8-12、13。

表 1-8-12 天然气中甲烷的碳同位素组成 $\delta^{13}C_1$ 值分类(据戴金星)

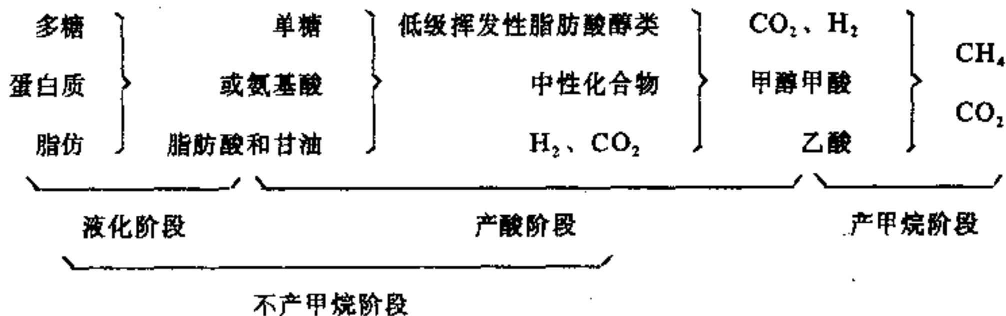
成因类型	小凯利分类	斯科尔分类	新深 1 井	中 13 井
生物成因气	−58～−80 (‰)	−64～−80 (‰)	−65 (‰)	−66.4 (‰)
生物成因气与热催化作用成因的混合气		−50～−60‰		

表 1-8-13 柴达木盆地天然气甲烷的碳同位素数据

地　区	层　位	$\delta^{13}C_1$(‰)
涩北二号构造	第四系 Q_{1+2}	−66.4
盐湖构造	第四系 Q_{1+2}	−65.0
马海构造	第三系 N	−31.0

从表 1−8−3、12、13 中可以清楚地看到柴达木盆地东部地区第四系天然气的组成中，甲烷占绝大部分，含量多大于 95%，在 95.08～99.65%之间；其$\frac{CH_4}{C_2H_6+C_3H_8}$比值大于150；甲烷的$\delta^{13}C_1$值均小于−60‰。按成因分类，确应归属于成岩作用早期阶段生物化学作用形成的天然气，又因生气母质以腐殖质为主，腐泥质次之，故也是煤型气的生物成因气。据 D.D.瑞斯研究，生物气储量可占世界天然气总储量的 20%以上，在有利的保存条件下，能形成大气田，甚至象西伯利亚北部乌兰戈伊气田那样的特大型气田。因此，盆地东部地区第四系生物气是有巨大远景的。

生物成气是指碳水化合物、脂肪、蛋白质等复杂有机物质，通过不产甲烷微生物的液化作用（胞外酶的水解）形成可溶性的简单化合物，然后进入细胞内进行各种分解作用，形成有机酸、醇、酮以及 CO_2、H_2、NH_3 和 H_2S 等产物，最后再经过产甲烷微生物将分解的有机酸、醇、酮以及 CO_2、H_2 等物质转化成甲烷。由于产甲烷菌不能直接利用原始有机物质，只有通过不产甲烷菌的作用，将有机物质降解成简单的小分子化合物后才能被产甲烷菌利用。因此，不产甲烷菌微生物在生物成气机理的作用中是很重要的。有机质在微生物的作用下厌氧降解成气的全过程，大体可分三个阶段，即液化阶段、产酸阶段和产甲烷阶段。液化阶段和产酸阶段又可称为不产甲烷阶段，或简称产酸阶段。如下所示：



盆地东部第四系生物气生气层与碳质泥、页岩层存在着密切的组合关系，在表 1−8−14

表 1−8−14 I 号井动植物残体及碳质岩统计表

项　目	螺蚌残体层	植物残体层	碳质泥岩、页岩层	含碳质条带层	岩芯总长 m
层　数	54	31	65	40	
厚度（m）	43.90	19.61	13.57	35.77	
占地层总厚（%）	9.87	4.31	3.05	8.04	444.88

中1号井444.83米岩芯中，含有生物残体层、碳质条带层和碳质泥、页岩层等共190层，总厚达112.85米，占地层总厚度的1／4以上。岩芯中高等陆生植物和水生生物都很丰富，这些丰富的有机质，为第四系生物气的生成提供了充足的物质来源。

第二节　第四系天然气藏类型

一、第四系天然气的分布受生气坳陷的控制

通过对第四系天然气成因的研究，证明柴达木盆地东部地区第四系为一套良好的生气层。这套生气层厚度大，分布广，生气物质丰富，是形成东部地区第四系天然气藏的物质基础。储气层主要为生气层系中的粉砂岩夹层，属同生型的生储组合关系。生气层所生成的天然气，在其它地质条件的配合下，经短距离的垂向和侧向运移而储集在生气层系的储集层中，并在构造圈闭内富集，形成背斜型的天然气藏，这些条件决定了东部地区天然气的平面分布严格地受生气坳陷的控制。

从已知含气构造与生气坳陷分布范围的关系来看，凡属生气范围内的构造，经勘探均证实为气田或获得工业气流。如处于生气范围内的涩北一号、涩北二号、盐湖、驼峰山等构造已证实为气田，台吉乃尔构造获得工业气流。同样，处于生气范围内的涩北零号、涩东地区、察尔汗地区，经钻井和试气也获得不同数量的气流。霍布逊至达布逊湖以西地带，在地质部勘探钾盐矿进行钻探时，也不同程度见到了气流和天然气显示。

相反，在生气范围以外的地区和构造上钻探，则未见天然气显示或气流。如哑巴尔构造，经5口井的钻探，并已钻穿第四系，但由于不具备生气条件，钻井和试气都未见到气的显示。又如伊克亚乌汝构造，细测查明圈闭面积160平方公里，闭合度450米，在构造顶部所钻3口井，均已钻穿第四系，同样由于缺乏生气条件而未见气显示。另外如在盆地南缘的甜格里、大水沟、大灶火、乌图美仁等潜伏鼻状构造上，虽已钻探，但未见任何天然气显示，这些地区缺少生气层，该是一个主要原因。

综上所述，东部地区第四系天然气分布于生气坳陷内，在生气范围之外，即使有较好的圈闭条件，但由于缺少生气的物质基础，不可能形成气藏，这就充分证明，东部地区天然气的平面分布严格地受控于生气坳陷。

二、生气坳陷内的背斜构造是天然气藏的基本控制因素

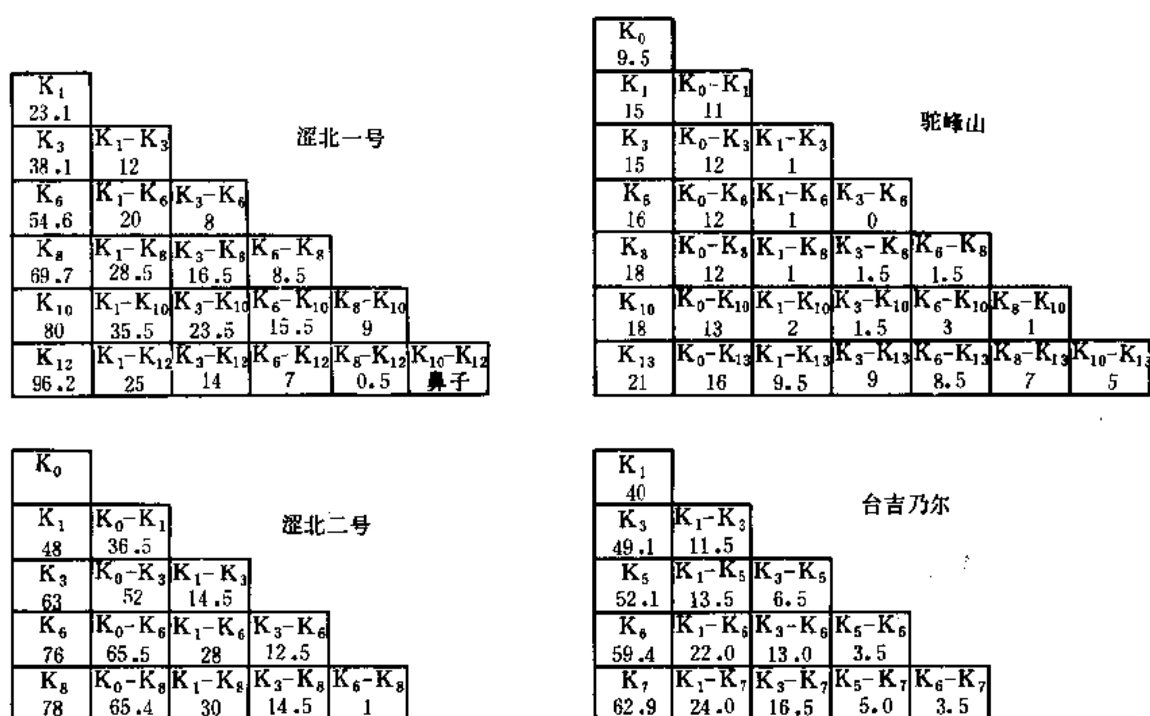
1.目前所发现的气藏均为背斜型气藏

到目前为止，东部地区已发现四个气田和一个含气构造，即涩北一号气田、涩北二号气田、驼峰山气田、盐湖气田和台吉乃尔含气构造，这5个气藏都位于背斜构造圈闭的高点，气水层的分布受构造等高线所控制，都属于背斜型气藏。涩北一号气田，地面地质调查和地震证明为一平缓之穹窿构造，地下构造形态与地面构造形态基本一致，经各井对比研究，气层的层数、厚度和分布井段长度随构造海拔的增高而增加，反之则减少，当构造位置低于一定高度时，则只产水不产气，气水分异明显，属典型背斜型气藏。涩北二号气田，经地面细测及地震查明，该构造为一平缓的短轴背斜，地面与地下构造基本符合，气水层的分布相同于涩北一号。其他如盐湖气田和驼峰山气田，气水的分布都受背斜高点的严格控制，也都属典型的背斜气藏。

2.位处生气层质量较好地区、具有发育早、隆起幅度大的同沉积背斜，则气藏的充满程度高

(1) 东部地区同沉积背斜的分布　一般认为背斜隆起越早越具备优先捕获油气的条件，凡背斜位处生气坳陷或距生气坳陷中心近，则具有比较丰富的天然气资源。勘探实践证明：东部地区第四系天然气藏的充满程度确与同沉积背斜的发育及其距生气坳陷中心的距离有着密切的关系。柴达木盆地东部地区目前所发现的 14 个构造，根据地面、地震和钻井等资料统计，其中 11 个就有资料证明属于同生沉积背斜构造。它们是：红三旱四号、鸭湖、台吉乃尔、驼峰山、涩北一号、涩北二号、船形丘、盐湖、哑巴尔、全吉和乌图美仁构造。其余三个（南陵丘、伊克雅乌汝及那北构造）因目前资料不足而无法确定。

(2) 同生沉积背斜的发展史　为了研究同生沉积背斜的发育史，编绘了四个构造（涩北一号、涩北二号、驼峰山和台吉乃尔）的宝塔图，这里简化为宝塔图表（图 1-8-12），通过对这些构造的宝塔图表的分析，可清楚看出同生沉积背斜的发育情况及分期性，现以涩北一号构造宝塔图表的分析为例：K_{10} 标准层沉积末，K_{12} 标准层是一个鼻子，表明这时已有构造隆起的趋势，但没有形成圈闭，这时的构造高点在涩深 4 井附近，轴向 78°；K_6 沉积末，K_{12} 标准层形成圈闭，但幅度只有 7 米，高点从深 4 井移到了北参 3 井附近，轴向转为 87°（图 1-8-13）；到 K_3 和 K_1 沉积末，构造仍在继续发展，闭合度从 7 米增加到 14 米，而后又增加到 25 米，构造高点位置未变，轴向略转为 90°。总的看来，宝塔图表横向上每一排的发展都符合这样的规律，每一层的隆起幅度，按时代从老到新，都是逐渐增大。涩北一号构造高点从 K_8 沉积末，就从深 4 井转移到北参 3 井，轴向逐渐从北往南移，但直到 K_1 沉积末，该构造的隆起速度始终是缓慢的，其间没有十分急剧地变化。从纵向上看，在 K_1 沉积末，K_{12} 的隆起幅度 25 米，K_{10} 是 35 米，K_8 是 28 米，K_6 是 20 米，K_3 是 12 米，按一般情况下讲，纵向上地层从老到新，隆起幅度是从大到小的，造成这种现象的原因是由于



涩北一号

K_1 23.1					
K_3 38.1	K_1-K_3 12				
K_6 54.6	K_1-K_6 20	K_3-K_6 8			
K_8 69.7	K_1-K_8 28.5	K_3-K_8 16.5	K_6-K_8 8.5		
K_{10} 80	K_1-K_{10} 35.5	K_3-K_{10} 23.5	K_6-K_{10} 15.5	K_8-K_{10} 9	
K_{12} 96.2	K_1-K_{12} 25	K_3-K_{12} 14	K_6-K_{12} 7	K_8-K_{12} 0.5	K_{10}-K_{12} 鼻子

驼峰山

K_0 9.5						
K_1 15	K_0-K_1 11					
K_3 15	K_0-K_3 12	K_1-K_3 1				
K_6 16	K_0-K_6 12	K_1-K_6 1	K_3-K_6 0			
K_8 18	K_0-K_8 12	K_1-K_8 1	K_3-K_8 1.5	K_6-K_8 1.5		
K_{10} 18	K_0-K_{10} 13	K_1-K_{10} 2	K_3-K_{10} 1.5	K_6-K_{10} 3	K_8-K_{10} 1	
K_{13} 21	K_0-K_{13} 16	K_1-K_{13} 9.5	K_3-K_{13} 9	K_6-K_{13} 8.5	K_8-K_{13} 7	K_{10}-K_{13} 5

涩北二号

K_0				
K_1 48	K_0-K_1 36.5			
K_3 63	K_0-K_3 52	K_1-K_3 14.5		
K_6 76	K_0-K_6 65.5	K_1-K_6 28	K_3-K_6 12.5	
K_8 78	K_0-K_8 65.4	K_1-K_8 30	K_3-K_8 14.5	K_6-K_8 1

台吉乃尔

K_1 40				
K_3 49.1	K_1-K_3 11.5			
K_5 52.1	K_1-K_5 13.5	K_3-K_5 6.5		
K_6 59.4	K_1-K_6 22.0	K_3-K_6 13.0	K_5-K_6 3.5	
K_7 62.9	K_1-K_7 24.0	K_3-K_7 16.5	K_5-K_7 5.0	K_6-K_7 3.5

图 1-8-12　同生沉积背斜发育宝塔图表（闭合单位：m）

1—涩北一号；2—涩北二号；3—驼峰山；4—台吉乃尔

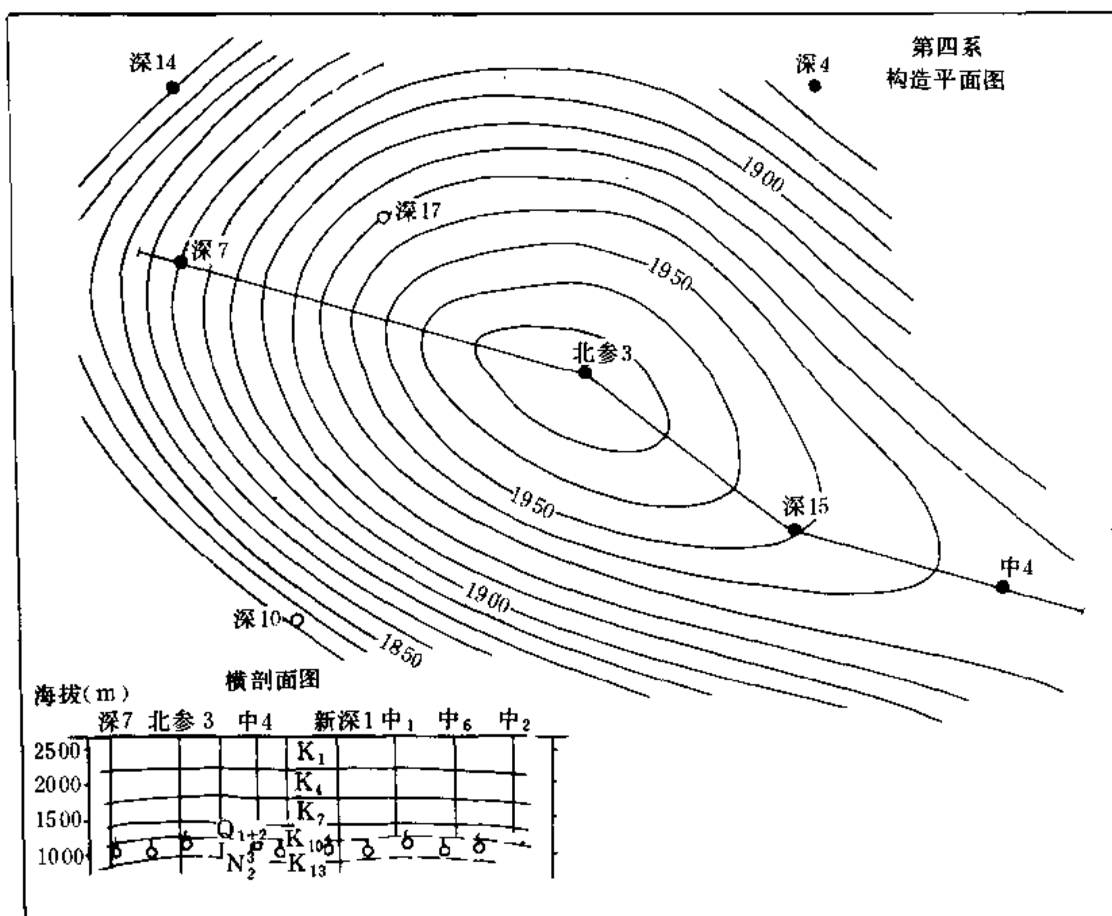


图1-8-13 涩北一号气田综合图

隆起与补偿发展变化的结果，上覆地层继承的总是补偿后的幅度，当然它的隆起幅度就小于下伏老地层的隆起幅度。但从涩北一号构造却出现了各时期沉积时 K_{10} 闭合度都比 K_{12} 大的现象来看，可以认为，这是由于高点转移所造成的。

通过分析宝塔图，认识到涩北一号构造 K_{10} 沉积末，K_{12} 已有隆起的显示，K_6 沉积后即有微弱的隆起，这个时期可以称为构造发育的雏型期。到 K_1 沉积后隆起幅度虽然逐渐提高，但由于发育速度缓慢，所以仍然没有得到定型的程度。用 K_1 沉积末 K_{12} 的闭合度和 K_{12} 现今的闭合度作比较，从 25 米急剧地增加到 96.15 米，这反映了涩北一号构造在 K_1 沉积以后，又经历了较大的构造运动，使隆起幅度迅速增大了，所以涩北一号构造在 K_1 以后才达到定型期。涩北二号、驼峰山和台吉乃尔构造的发育史与涩北一号很相似，这一点，可以从表 1-8-15 中看出。所以涩北一号、涩北二号、驼峰山及台吉乃尔 4 个构造具有基本相同的发育史。共同的特点是：受晚上新世末期构造运动的影响，在第四纪初期都具有构造雏型；都有一段持续缓慢的发展时期；待到 K_1 沉积以后，都具有隆起幅度急剧增大的特点，说明 K_1 沉积后，第四纪早、中更新世末期曾发生较大的构造运动，这次运动对这四个构造都有不同程度的改造，使闭合度增加，从而使构造发展到了定型期。所以说，涩北一号、涩北二号、驼峰山和台吉乃尔构造都是第四纪早、中更新世后期发育成型的。

表 1-8-15　东部地区气田(藏)古构造隆起幅度表

涩北一号闭合度 m	$K_{10}\sim K_{12}$ 鼻状	$K_8\sim K_{12}$ 0.5	$K_6\sim K_8$ 8.5	$K_6\sim K_{12}$ 7	$K_3\sim K_{12}$ 14	$K_1\sim K_{12}$ 25	$K_{12}\sim$现今 96.15
涩北二号闭合度 m			$K_6\sim K_8$ 1	$K_3\sim K_8$ 14.5	$K_1\sim K_8$ 30	$K\sim K_8$ 65.4	$K_8\sim$现今 78
驼峰山闭合度 m	$K_{10}\sim K_{13}$ 5	$K_8\sim K_{13}$ 7	$K_6\sim K_{13}$ 8.5	$K_3\sim K_{13}$ 9	$K_1\sim K_{13}$ 9.5	$K\sim K_8$ 16	$K_{13}\sim$现今 21
台吉及尔闭合度 m	$K_{V}\sim K_{VI}$ 3.5		$K_{III}\sim K_{VI}$ 13.0		$K_{I}\sim K_{VI}$ 22.0		$K_{VI}\sim$现今 59.37

综上所述，涩北一号、涩北二号、驼峰山和台吉乃尔构造，基本是同期形成的，但在发展速度和发展程度上仍然存在着明显的差别。其中，发展最早的是驼峰山和台吉乃尔构造，但在发展速度上，涩北一号最快，涩北二号次之，驼峰山构造发展最慢。

(3) 发展早、隆起幅度大的同沉积背斜，天然气藏的充满程度高　影响一个天然气藏充满程度的因素较多，但主要决定于圈闭形成的早晚、圈闭面积和闭合度的大小、生气层的质量和储气层的物性好坏。通过对构造发育史的分析和研究，可以认为在一般情况下，如果生储盖等地质条件近似，那么，同生沉积构造对天然气的聚集更为有利。第一，同生沉积背斜是最早形成的圈闭，在坳陷和隆起的相对位置基本一致的前提下，这种正负构造长期对立发展的结果，使负向构造承受了较大的静压力，而正向构造相对出现低压，天然气即从低处向上倾方向运移，为天然气聚集提供了条件；第二，同生沉积背斜改善了储集层的渗透性，由于同生沉积背斜的继承性发育，在一般情况下，古构造顶部岩性相对较粗，砂质岩的比例和层数相对增加，并且有较好的孔隙性和渗透性，同时在构造上隆或差异压实作用下，还会在背斜顶部产生张性微裂缝，进而改善储集层的渗透性。因此，靠近生气坳陷或位于坳陷中的同生沉积背斜，特别是那些发育早、隆起幅度高的同生沉积背斜最有利于天然气的聚集，天然气的充满程度就相对较高，如涩北一号和涩北二号构造，因处于生气坳陷中心附近，其隆起幅度也较大，勘探证明，气藏的充满程度都很高，含气面积和闭合面积之比（充满程度）在 76%以上。但两个构造在发展过程中又存在着一定的差异，涩北二号的发育比涩北一号可能略晚或由于发展速度较慢，所以涩北一号气藏的充满程度又较涩北二号为高。如涩北一号含气面积为 25.97 平方公里，与构造闭合面积基本相当，即充满程度近 100%；涩北二号构造的含气面积为 38.85 平方公里，占闭合面积的 76%，远低于涩北一号。驼峰山构造的隆起时间虽比涩北一、二号都要早，但后来发展的速度极其缓慢，直到 K_1 沉积末，K_{13} 的闭合度才 9.5 米，K_8 闭合度才 1 米，加之生气条件的限制，致使含气面积仅 0.79 平方公里，充满程度仅 6.5%左右。

(4) 距生气坳陷中心近的同生沉积背斜气藏充满程度高　即使同样发育早、隆起幅度也高的同生沉积构造，由于它们距生气坳陷中心的远近不同，气藏的充满程度也有差异。例如处于生气坳陷中心部位的涩北一、二号构造，除了它们具有构造发育早、隆起幅度也大的有利因素外，它们具有优越的生气条件（生气层质量好、厚度大）亦是不能忽视的一个重要方面，因同属于同沉积背斜的台吉乃尔构造，它虽具有更早的发育期和较大的隆起幅度，但由于位处生气坳陷边缘，生气条件已远较涩北一、二号为差，因此天然气的充满程度很低。该构造已钻井 10 口，经 5 口井下套管试气结果，仅于高点的台中 1 井和构造偏东轴部位的台

中2井获工业气流。据估算，含气面积不超过10平方公里，气藏充满程度在16.6%以下，远低于涩北一、二号气藏的充满程度。

三、气藏范围内的粉砂岩储集层亦是天然气富集高产的重要因素

东部地区第四系天然气藏，在上述生油坳陷和背斜控制的前提下，粉砂岩储集层亦是天然气富集的重要因素。因盆地东部地区第四系属内陆湖泊相沉积，经细分层对比，证明岩性在横向上变化较大，多呈透镜状分布。由涩中6井、涩深1井取芯以及北参3井井壁取芯证实，储集层岩性主要为粉砂岩，这些粉砂岩储集层胶结疏松，物性很好，孔隙度最大可达42.8%，平均32.1%，渗透率最大可达1729.9×10^{-3}平方微米，平均为270×10^{-3}平方微米,确属优良的储集层。气藏范围内的这些地层，无论位处高点或靠近气水界面附近，都能形成天然气富集的高产层。如处于构造高点东侧轴部，距高点4公里的涩中6井，由井深782～785.8米和790～791.6米两个气层取芯证实为粉砂岩，经试气获得高产，按指数式方程计算，日产气177.9万立方米（无阻流量）。而位于高点的涩中1井，井深1294～1295米气层的岩性为泥质粉砂岩，经射开1284～1285.8米和1294～1297.6米两个气层（厚5.4米）合试结果，按指数式方程计算，日产气22.55万立方米（无阻流量），产量远低于较低部位的涩中6井。气层一般厚3～5米，最厚可达10米。位于构造翼部的涩中9井，对1256.4～1262.0米的粉砂岩气层（厚5.4米）测试结果，按指数式方程计算，日产气高达147.4万立方米（无阻流量）。事实说明，盆地东部涩北地区，在气藏范围内的粉砂岩储集层是富集高产不可忽视的重要因素。

综上所述，对柴达木盆地东部地区生物气藏的主要特点可进一步归纳为：生气坳陷是控制气田分布的基础；同生沉积构造是形成气田的根本；离生气中心的远近和构造发育的迟早及隆起幅度的大小是气田充满系数的条件；含气面积里较好物性的粉砂岩为天然气富集的场所。所以对柴达木盆地东部地区气田的勘探，首先在生气坳陷内寻找同生沉积构造，只要落实构造，经钻探即有发现新气田的极大可能性。

四、第四系天然气资源预测和勘探方向

第四系开始沉积于今，仅有200万年的地质历史。因而，一般认为这就决定了第四纪的沉积厚度较小，埋藏深度也较浅，不具备有机质油、气转化的温度、时间条件。这从一般性分析无疑是正确的，并为国内外勘探现状所证实。如我国除柴达木盆地外，其它各地在第四系内仅发现少量的沼气，未见形成工业性气田。从全世界着眼，亦只有罗马尼亚等个别国家在第四系内见有储量丰富的天然气。因此柴达木盆地东部高产气田的发现不但具有较大的经济效益和社会效益，同时在我国为天然气藏形成的理论上，亦提供了较多的新概念。

一个盆地或地区能否找到油气田，以及该地区地质储量的多少，首先决定于是否具备丰富的有机质和形成油气藏的诸多条件。所以第四纪虽然存在着时间短、沉积地层厚度小的特点，但如果简单地依据康南（J.Connan）定律要求的时温条件就做出第四纪缺乏油气形成条件的结论，显然是与柴达木盆地东部第四系气田存在的事实相矛盾。通过柴达木盆地东部第四系气田的发现和研究，不但开阔了石油地质界认识客观事物的视野，同时又接触到了一个如何勘探、开发第四纪形成的油气资源的新课题。目前初步获得以下几点认识：

(1) 沉积厚度问题　一个地质时代沉积物堆积的厚薄，一般情况下确与时间长短成正比关系、但不能因此做出时间短沉积岩必然较薄的结论，因沉积岩厚度的大小除时间因素外，很大程度上受控于隆升和沉降的幅度以及物源的丰富程度。如柴达木盆地由于受青藏高原整体迅速隆升的影响，致使第三纪沉积坳陷由西向东迅速转移，至第四纪已迁达以涩北一、二

号气田为中心的 17000 平方公里范围内（图 1-8-1），加之盆地西部上升较快，形成东部相对大幅度的沉降，这可依据贯穿盆地东西的"1086"接"1089"地震大剖面和达参 1 井证实第四系 Q_{1+2} 的厚度竟达 2800 多米。由此对区内所有第四系沉积坳陷内能否形成气田等问题就有值得注意的必要。

(2) 不能忽视成岩作用初期的生物成因的天然气　由天然气的形成机理研究，确认主要以成岩作用早期的生物化学作用和后期的热催化作用为主。据 D.D.瑞斯研究，作出了生物气储量占世界天然气总储量 20%以上的结论，但一般对前者形成的天然气都没有给予应有的重视。由柴达木盆地东部地区高产气田的发现，和利用甲烷与 $C_2H_6+C_3H_8$ 比值大于 150，以及甲烷 $\delta_{13}C_1$ 值均小于−60‰等研究结果，盆地第四系高产气田该为成岩作用早期的生物气无疑，以实例证明在勘探过程中不能忽视地层时代较新的浅层气提供了有力依据。

(3) 目前已经找到的生物气田　通过十几年的勘探实践，至今在柴达木盆地东部地区找到第四系气田四个（图 1-8-14、图 1-8-15）。其总含气面积为 71.54 平方公里，且第四系气田具有埋深浅，储集层胶结疏松，孔隙度大，易于开发和投资较少的特点，所以这些气田无疑已具备了较高的经济效益。据现在已经探明的储量计算，目前可年产天然气 5 亿立方米以上，现已建成日产天然气 137 万立方米的产能，保证盆地东部工业发展的能源需要。

(4) 天然气资源初步预测　经过最近两年的综合研究，明确盆地东部地区生气范围达 17000 平方公里，生气岩为 1597 米，由大量岩芯及分析资料说明生气岩的有机质丰富，为第四系天然气的形成提供了充足的物质基础。经初步将天然气资源量计算结果，总生气量可达数万亿立方米，若以百分之一聚集系数考虑，可能找到相当可观的天然气资源量。由此可知，目前所获储量相比之下还是比较少的，说明找气的潜力很大。今后，在盆地东部第

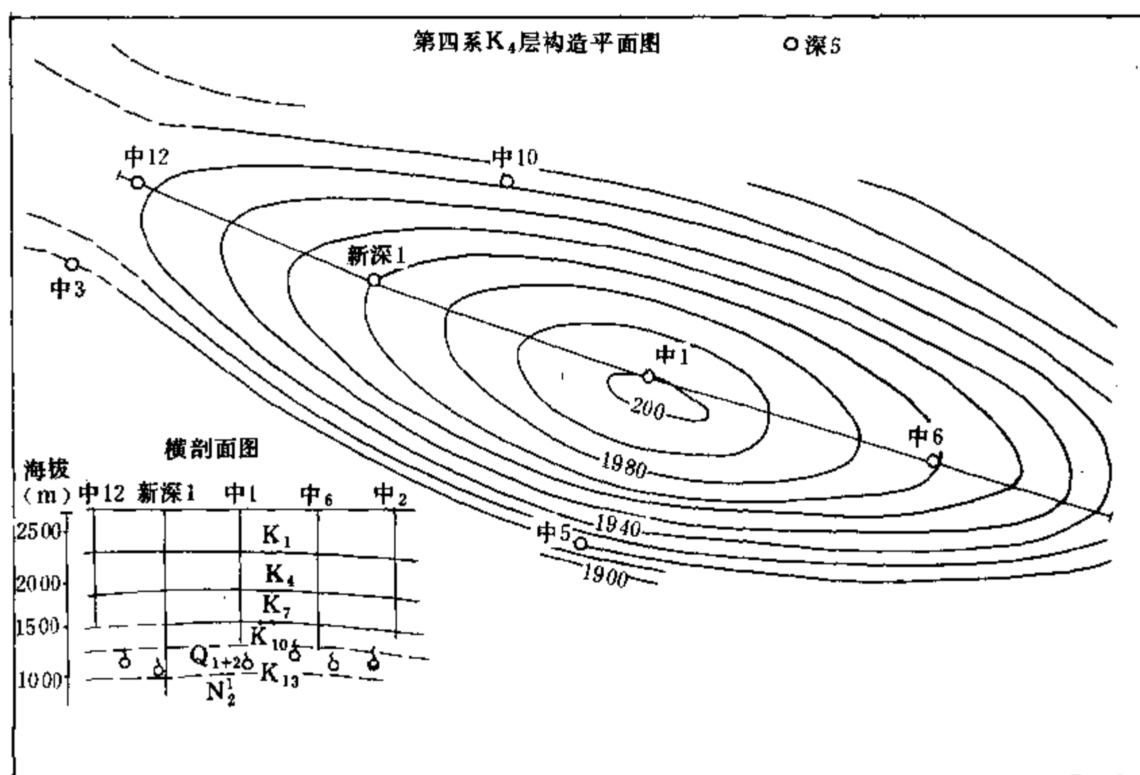


图 1-8-14　涩北二号气田综合图

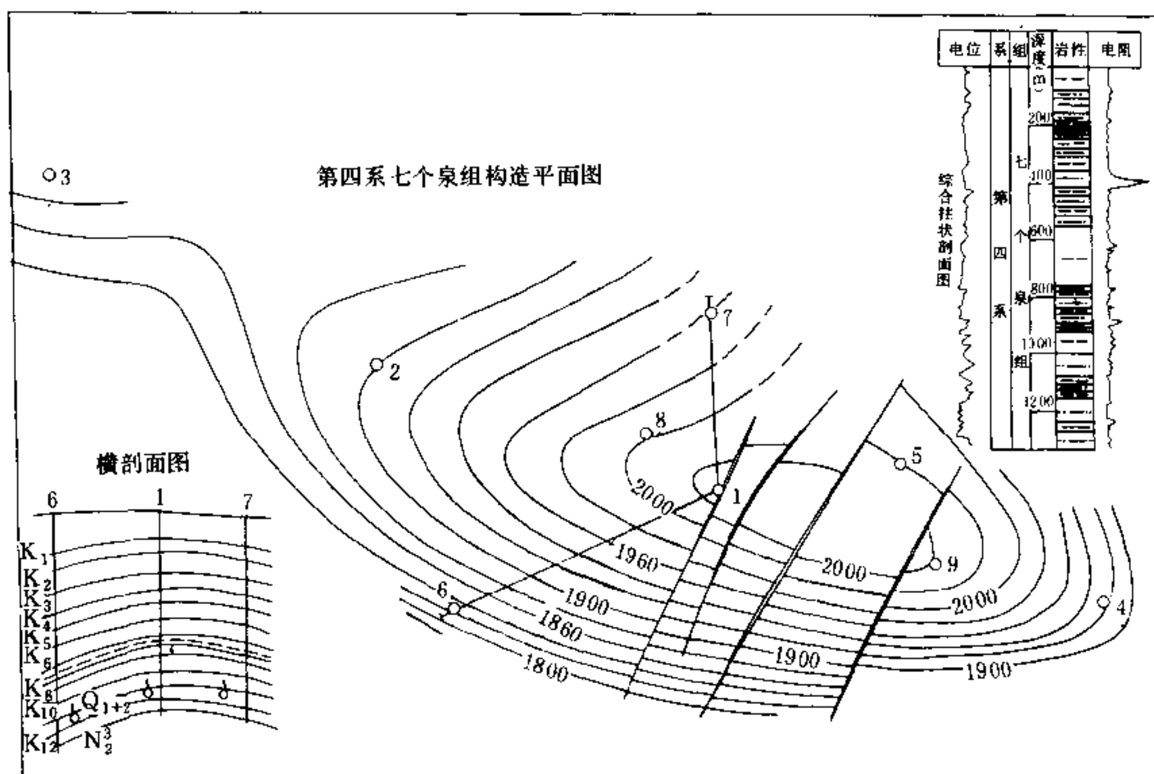


图 1-8-15　驼峰山气田综合图

四系生气范围及其周围地区进行地震勘探，寻找圈闭，然后进行有计划的钻探，深信柴达木盆地东部地区第四系天然气的储量将会以较快的速度增长。

第三节　柴达木盆地油田伴生气

柴达木盆地现有 17 个油田，除鱼卡油田为重力驱动,跃进一号为弹力驱动外,主要为溶解气驱。一般油气比为 33～113 立方米／吨（油砂山油田浅层则较低），个别油田如南翼山油田油气比高达 200 立方米／吨以上。天然气比重一般为 0.66～0.8，甲烷含量较低为 55～80%，重烃含量高从 13～36%，属典型的油田气，各油田天然气组分见表 1-8-16。

现柴达木盆地年生产原油 60 万吨，按平均油气比 70 立方米／吨计算，年采伴生气 5000 万立方米。按目前各油田的储量及油气比估算（包括气顶气、不包括第四系气田及马海气田）天然气储量是很可观的。这是一批很重要的资源，应加以合理利用。

第四节　马 海 气 田

位处柴达木盆地北缘中部的第三系马海气田是与石油有关的天然气藏，与上述第四系生物成因气藏截然不同。按储集层圈闭和气层分布层位可分为构造顶部浅气藏和构造西南翼地层超覆气藏两类。但从气藏成因上分析，构造顶部浅气藏是由深部地层超覆气藏再次运移聚集的次生气藏。该区共钻井 20 口，分布于构造顶部和西南翼地区，其中 14 口井见天然气，证实了构造顶部浅气藏和西南翼地层超覆气藏的存在。

表 1-8-16 柴达木盆地各油田天然气组分

油田	比重	甲烷 %	乙烷 %	丙烷 %	丁烷 %	正丁烷 %	异丁烷 %	正戊烷 %	异戊烷 %	N_2 %	N_2+H_2 %	He %	CO_2 %
冷湖三号	0.7586	75.89	7.69	5.78							3.47	0.041	
冷湖四号	0.8014	47.94	23.57	21.76							2.81	0.0127	
冷湖五号	0.765	72.60	11.05	7.61							3.88	0.0287	
尖顶山		63.61			36.7～23.47						10.2		0.39
花土沟	0.698	81.49	7.49	5.62		1.29	0.69	0.35	0.34	2.73			
油砂山	0.7000	60	20	13	7								
尕斯库勒 中浅	0.8533	69	11.2	9.57	5.91			2.8					
尕斯库勒 E_3^1	0.7776	73.48	10.37	7.26		2.73	1.31	0.84	0.78	3.23			
砂西	0.6507～0.8020	72.45～83.92	3.62～10.53	2.23～8.54		0.72～3.28	0.31～1.45	0.15～1.06	0.16～1.23	2.12～8.89			
乌南	0.6673	83.46	5.69	3.47		1.16	0.65	0.395	0.468	5.01			
红柳泉	0.9043	55.18	15.13	13.24		3.53	1.68	0.81	0.92	9.48			
南翼山	0.7586	73.4	7.19	5.79	3.26			2.24		7.03			
油泉子	0.5583	78.53	12.93	3.66	3.29						2.07	$CO_2+H_2S+SO_3$ 0.7	
开特米里克	0.64～0.697	70～80	5～7.5	4～6.5	2～3.5								

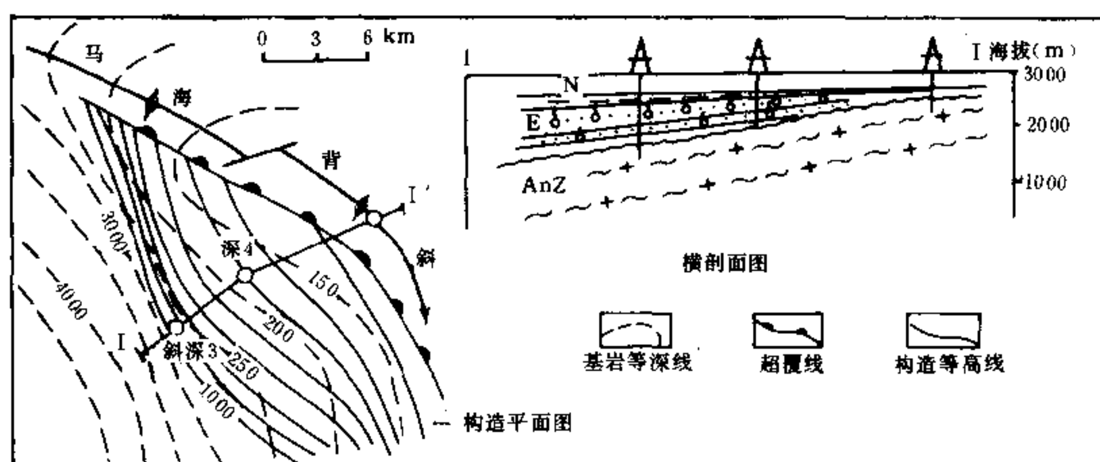


图 1-8-16 马海气田构造和地层超覆圈闭图

构造顶部浅气藏的气层分布，严格受构造圈闭的控制。如中 13 井位处气水边界，其构造等高线外侧气层亦不存在。马海构造地面出露地层为中新统至新第三系，构造长 5.5 公里，宽 2.3 公里，闭合面积 12.8 平方公里，闭合高度 75 米，探明含气面积 0.41 平方公里，储集层为渐新统（E_3），基底为前震旦系花岗片麻岩，中生界地层部分井下可见白垩系（K_2）零星分布。储集层孔隙度 20%，气层压力 51～61.5 大气压❶，构造顶部共已钻井 15 口，10 口井见天然气，其中 7 口井径射孔试气结果，3 口井获得工业气流，位于构造顶部的中 1 井 458～465 井段，气层压力 51 大气压，日产气 14.2 万立方米；中 1 井 551～556 井段，气层压力 61.5 大气压，日产气 13.05 万立方米；高点偏西南之深 1 井，40～41 井段，日产气为 267.15 立方米；马中 1 井于 1958 年 8 月 24 日射开第一组气层，开采至 1959 年 2 月关井，总采气量约为 170.4 万立方米，气层压力由 51 大气压，降至为 45 大气压；第二组气层于 1959 年 3 月 1 日正式采气，约采 300 万立方米关井。

马海构造西南翼地层超覆气藏，储气层位为 E_{1+2}（古、始新统）底部，超覆地层圈闭和 E_{1+2} 底部储气层之上有厚约 100～120 米厚层泥质岩盖层所控制。经钻探证实 E_{1+2} 底部和 K_2 地层在马海构造西南翼为由南向北的超覆沉积；E_{1+2} 中部 100～120 米厚层泥质岩形成良好的盖层，这套地层并与前震旦系花岗片麻岩凹凸不平的基岩面相接触而构成地层超覆圈闭；钻探成果表明，在平面上超覆圈闭的上倾部位油气显示（主要为天然气）情况最好，纵向上各井的油气显示以盖层下方 60～70 米井段最好（表 1-8-17）。根据深 2 井、新深 3 井、新

表 1-8-17 马海气田超覆气藏含气层纵向分布表

井 号	深 2 井	新深 5 井	新深 3 井
厚层泥岩井段(m)	1480～1605	1502.5～1605	2070～2191
气层或油气显示良好井段(m)	1605～1664	1605～1636	2237～2250

❶1 标准大气压＝1.01325×10^5Pa，下同。

深5井等资料，参考地层超覆圈闭可能范围，可初步计算含气面积约为50平方公里，孔隙度为15%，气层压力最大为166大气压。新深5井1605～1636米井段，有4个气层(E_{1+2})，据测试日产气1943.3立方米。

马海气田天然气组分中含有稀有气体氦（He）（表1-8-18），表明气体可能来自较老地层，所以与石油关系十分密切。据研究分析，天然气类型属油田气湿气。又据地震资料，在南翼下倾部位有中生界地层，主要气源岩可能是赛什腾断陷中侏罗统大煤沟组J_2^4～J_2^7暗色泥岩。赛什腾断陷是冷湖四、五号油田的油源区。在马海地区可能成为生油气层（主要生气），并在老第三纪地层超覆圈闭中形成气藏。马海构造顶部和西南翼地层超覆气藏都有基岩断裂相通，组成运移的通道，为形成气藏提供了运移条件。据研究分析初步认为马海构造西南翼的地层超覆气藏是早第三纪古新世至中新世期间形成的；构造顶部浅气藏是第三纪末期形成的。地层超覆气藏是天然气沿区域不整合面以及基岩风化带组成的运移通道而形成，储集层为E_{1+2}底部和白垩系顶面风化面（K_2），岩性为棕红色砾状砂岩及细砾岩，为洪积相沉积，单层厚度3.2～4.5米，并不具备生油、气条件。勘探证明马海气田这种气藏决定于是否与深部生油、气岩系有通道相连以及是否形成了良好的圈闭。

表1-8-18　马海气田天然气组分分析资料

气田部位	井号	气样深度 m	气层时代	比重	组　分(体积百分比)								分析单位
					CO_2+H_2S	O_2	H_2+N_2	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	He	
翼部	深2井	1777.84以下	E_{1+2}	0.6258	1.08	0.76	N_2 9.88	85.73	1.59	0.64	0.32		青海石油局研究所
顶部	中1井	458.8～465	E_3				N_2 10.33	86.5	2.19	0.88		0.1	兰州科学院
	中1井	551～556.4	E_3	0.6679		1.24	N_2 9.47	81.51	3.16	2.84	1.78		青海石油局研究所

综上所述，柴达木盆地天然气资源十分丰富。其中油田伴生气、第三系与石油有关的气藏、特别是盆地东部第四系厚度大、分布广、生气物质丰富和生气指标较高而生成的生物成因天然气藏，在全国也是独树一帜，颇具典型意义。随着国民经济的迅速发展，这些天然气藏资源不断地开发利用，必将会给青海、西藏工农业的建设和发展创造出更加美好的前景。

第九章 油 气 藏

柴达木盆地经过三十多年的勘探，在不同地质结构、演化历史以及沉积特征等成油单元内共发现17个油田、5个气田，截至1986年底共探明含油面积145.8平方公里，含气面积71.95平方公里。现将各油气藏的类型划分、形成条件及分布特征分述于下。

第一节 油气藏类型

一、分类原则

根据柴达木盆地已发现油气藏的地质特点，从科学性和实用性出发，以圈闭成因为主、圈闭形态、遮挡类型和生油层与储集层的组合方式为辅，作为划分油气藏类型的基本原则，其中圈闭成因是划分各大类的基础，并结合“油气藏”是油气聚集赋存于单一圈闭中具有统一压力、热力系统和油（气）水界面的基本单元，和“圈闭”是可捕获分散烃类以形成油气聚集的有利场所的两个基本概念，可分为构造油气藏和地层油气藏两大类。

构造油气藏是指由于地壳运动使地层发生变形或变位而形成圈闭中的油气聚集，又可分为背斜油气藏和断层油气藏两类。背斜油气藏又分为“上生下储式”、“下生上储式”和“自生自储式”三个亚类；断层油气藏分为断鼻油气藏和断块油气藏两个亚类，其中断块油气藏又可分为原生断块油气藏和次生断块油气藏两种。地层油气藏则指由于沉积条件变化而形成地层圈闭中的油气聚集，地层圈闭以岩性尖灭线、地层超覆线和构造等高线三条线和地层不整合面、顶底板面和断层面三个遮挡面共六种基本要素的相互有机配置为依据，可分为地层超覆不整合油气藏和地层岩性尖灭油气藏两类（参见表1–9–1）。

表1–9–1 柴达木盆地油气藏分类表

<table>
<tr><td rowspan="6">构造油气藏</td><td rowspan="3">背斜油气藏</td><td>上生下储式背斜油气藏</td><td colspan="2">尕斯库勒 E_3^1 油藏、红柳泉 E_3^1 油藏</td></tr>
<tr><td>下生上储式背斜油气藏</td><td colspan="2">花土沟、狮子沟、游园沟、油砂山、尕斯库勒中、浅油气藏</td></tr>
<tr><td>自生自储式背斜油气藏</td><td colspan="2">狮子沟深部油气藏，南翼山中、深部油气藏，油泉子、尖顶山油气藏，涩北一、二号、盐湖、驼峰山气藏</td></tr>
<tr><td rowspan="3">断层油气藏</td><td>断鼻油气藏</td><td colspan="2">干柴沟、红沟子油气藏，咸水泉石油沟高点油气藏，乌南油气藏</td></tr>
<tr><td rowspan="2">断块油气藏</td><td>原生断块油气藏</td><td>冷湖三号</td></tr>
<tr><td>次生断块油气藏</td><td>冷湖四、五号</td></tr>
<tr><td rowspan="2">地层油气藏</td><td>地层超覆不整合油气藏</td><td colspan="3">马海气田</td></tr>
<tr><td>地层岩性尖灭油气藏</td><td colspan="3">七个泉油气藏（在背斜控制背景下的局部岩性尖灭油气藏）</td></tr>
</table>

二、类型划分

1.构造油气藏

构造油气藏是柴达木盆地最重要的油气藏类型，无论在石油和天然气的储量和产量中都居首位。在构造油气藏中，背斜油气藏又是最主要的类型。

(1) 背斜油气藏　按其形成机制的不同，可分为"上生下储式"、"下生上储式"和"自生自储式"背斜油气藏三种。这些油气藏虽具有相同的圈闭形式和控油因素，但从生储配置关系和油气藏形成过程的运移方式、方向以及构造形成的时间和区域背景等方面，却存在着巨大的差异，并导致油气富集程度和纵向分布的不同。

(1)"上生下储式"背斜油气藏　已发现的有尕斯库勒 E_3^1 深油藏和红柳泉 E_3^1 油藏。其共同特点为上部渐新统和中新统生油层以下存在下部渐新统(E_3^1)砂质储集层,而生油层段很少有可作储集层的砂质岩存在,且构造形成较早,在渐新统时即有明显的隆起现象。深部(E_3^1)油藏是尕斯库勒油田的主力油藏,经地震和钻井资料证实为一背斜油气藏(图 1–9–1)。

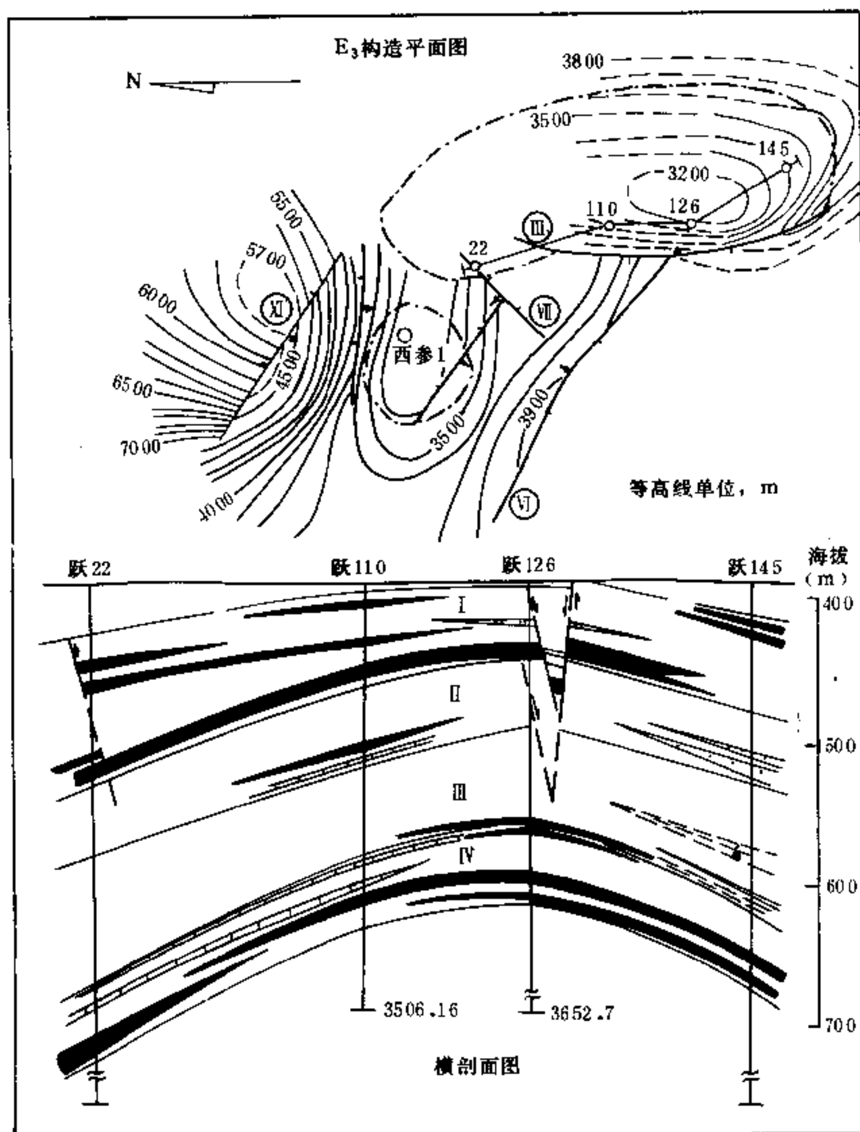


图 1–9–1　尕斯库勒油田 E_3^1 油藏构造图及横剖面图

Ⅲ为基岩断裂编号；Ⅳ为油层组编号

该构造轴向近于南北，北端略向西偏，根据 E_3^1 油层顶部构造图 750 米等高线计算，构造南北长 13 公里，东西宽约 4 公里，圈闭面积可达 43 平方公里，闭合高度大于 400 米，构造轴部平缓，两翼不对称，东翼宽缓，倾角为 12°30′，西翼陡窄，倾角为 20°50′。深部 E_3^1 油藏的主体部位,构造比较完整，目前仅确定有四条断距较小的逆断层和一条正断层。据 E_3^1、E_3^2、N_1、N_2^1、N_2^2、N_2^3 各期末所编制的构造图表明，尕斯库勒油田 E_3^1 油藏的圈闭是在花岗岩刚性基底的块断作用引起基岩隆起的基础上，长期发育起来的同生沉积构造，因而受构造下伏基岩起伏的控制。开始发育于盆地的断陷期，西翼有一控制该构造发育的同生逆断层（即Ⅲ号基岩断裂），其上升盘逐渐隆起从而形成背斜，背斜形成的时间略晚于其所依附的同生逆断层，构造发展趋势与同生逆断层的发展基本保持一致，构造走向变化亦与断层完全吻合，构造的主要发育时间是在 E_3^2 和 N_1 时期，但从渐新世初期（E_3^1）已具雏形，隆起幅度已达 50 米以上，中新世末期基本定型，构造隆起幅度增至 360 米以上，并接近于目前 E_3^1 油层构造的闭合度，以后各期虽有增加，但幅度很小，趋于稳定。

尕斯库勒油田 E_3^1 油藏在纵向上集中分布于 3200～3800 米的深度内，在横向上以构造高点部位油层多、厚度大。如位于高点部位的跃 32 井有 10 个油层，厚 43.8 米；位于构造低部位的油层少、厚度小，如跃 128 井，只有一个油层，厚 3.4 米。同一油层组有统一的油水界面，油水边界线与构造等高线基本一致，在含油范围内，无水层分布。这些事实表明，E_3^1 油藏主要是受构造因素的控制，但仍赋有一定的岩性圈闭的因素。在 E_3^1 油藏由上而下所划分的 4 个油层组中，以第二、三组油层组的岩性横向变化较大，如跃 101 井一个 10 米厚的油层到跃 17 井不到 700 米距离即已相变为泥岩。

红柳泉 E_3^1 油藏为一向东南倾没的鼻状构造圈闭，整个背斜构造轴向 133°，面积 125 平方公里，幅度差可达 1700 米，北翼陡，倾角为 34°，南翼缓，倾角为 11.5°，含油层系为老第三系下干柴沟组下部（E_3^1），油层埋深范围为 2562～2862 米，由细砂岩、粉砂岩组成。含油范围虽然局限在构造圈闭内，但其分布却显示了岩性因素的主控作用（图 1-9-2）。

(2)"下生上储式"背斜油气藏　这类油气藏在柴达木盆地茫崖坳陷南缘发现较多，如花土沟、狮子沟、游园沟、油砂山和尕斯库勒中、浅油气藏等。

狮子沟构造位于茫崖坳陷的西北端，是狮子沟—油砂山背斜带上的一个三级构造，构造长 27 公里，宽 7 公里，面积 164 平方公里，为一西南翼陡东北翼缓的平顶状背斜。它由三个高点组成，自西向东为狮子沟高点、花土沟高点和游园沟高点，三个高点闭合面积为 33 平方公里，闭合度 312 米。据钻探资料，在构造西南翼有一条平行于构造轴线的大逆断层，断面北倾，断层倾角上大下小，断面倾角一般在 30℃以下，垂直断距最大可达 1795 米，该断层将狮子沟构造分为断层以上的浅层构造和断层以下的深部构造两部分，该断层且对深、浅层构造高点的偏移起着重要作用。

花土沟油田位于茫崖坳陷狮子沟—油砂山背斜带，为狮子沟构造主高点大逆断层上盘的浅油藏。储油层为中新统上部和下部上新统，均为红色砂质岩；生油层为中新统下部及渐新统上部，构成"下生上储"的成油组合，油藏的分布主要受背斜高点的控制。经地面细测和钻井资料证实为一不对称短轴背斜，轴向北 30°西，西南翼陡，倾角 60°～90°；东北翼缓，倾角 20°～30°；轴部平缓约 3°～4°。轴部近两侧发育有两组向轴倾的断裂，但部分未断开含油层系，在油藏范围仍然为一较完整的背斜圈闭（图 1-9-3）。原始静压与海拔高度呈直线关系，海拔 2100 米基准面上的压力为 88 大气压，压力梯度为 10.6 大气压／100

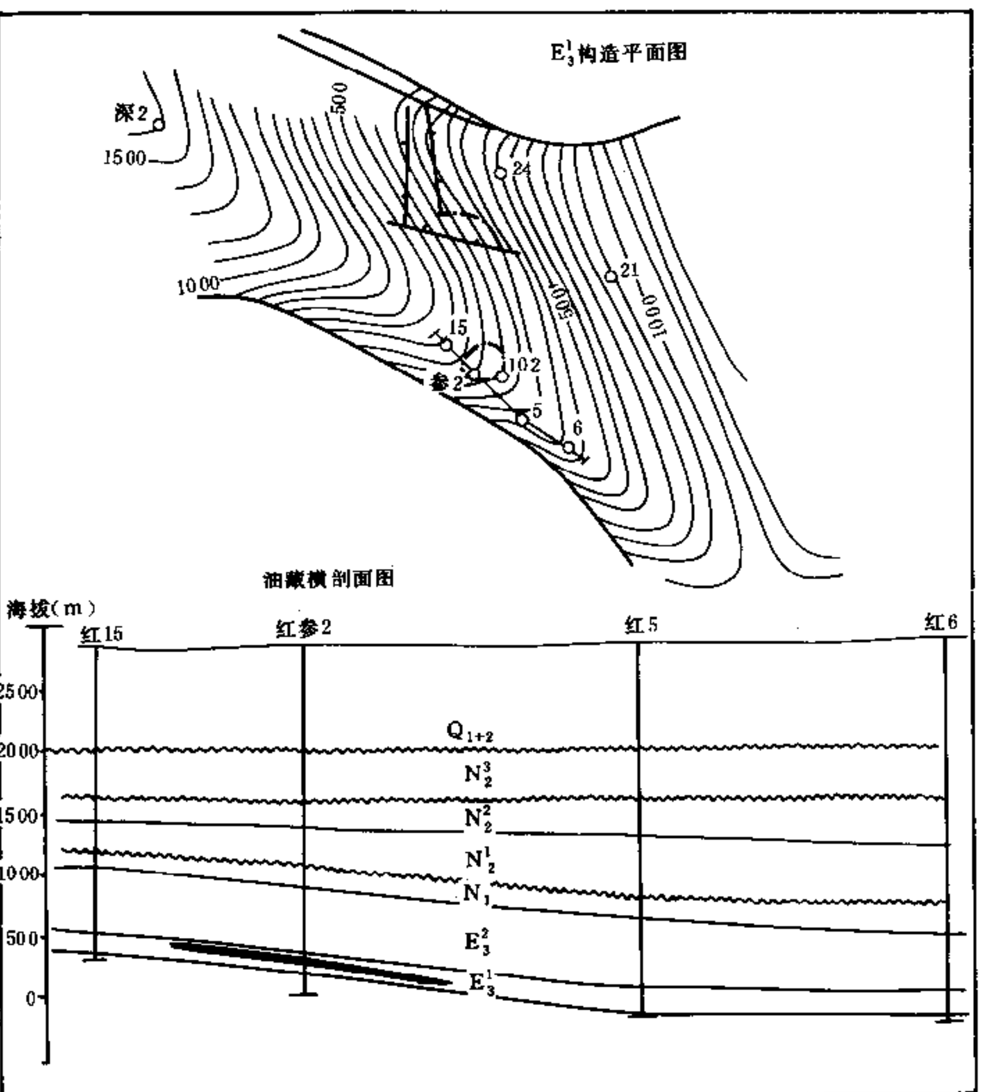


图 1—9—2　红柳泉油田构造图及横剖面图

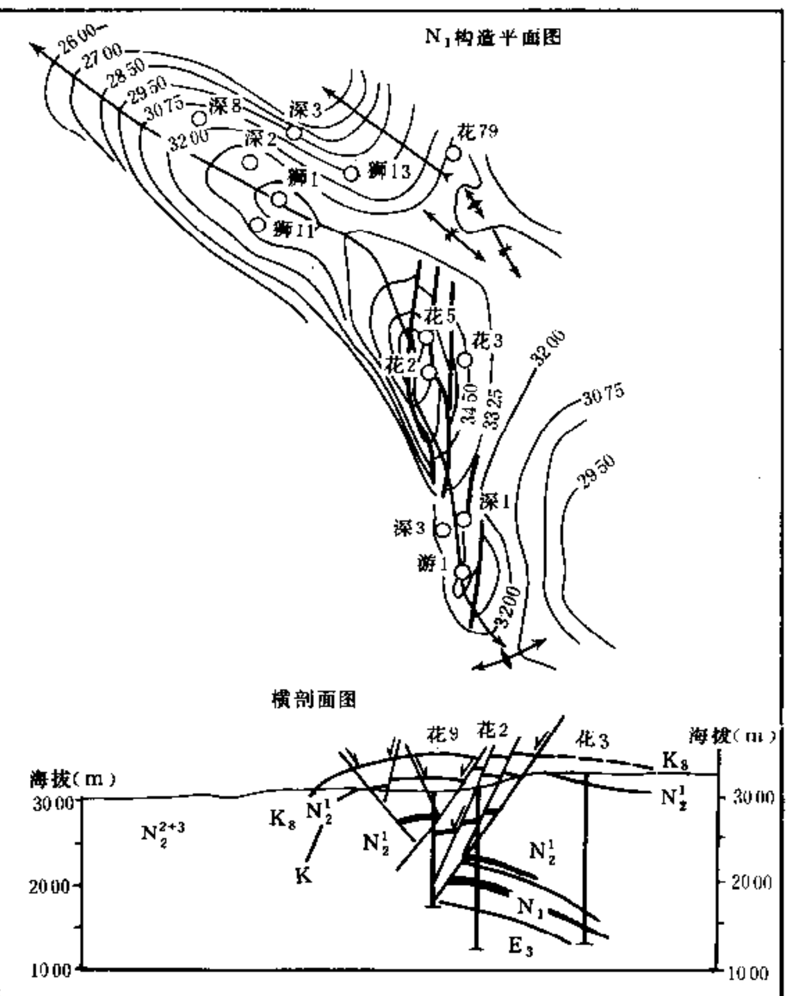


图 1—9—3　花土沟油田构造图及横剖面图

米，全构造同属于一个压力系统。油层在高点部位分布较多，向翼部规律减少，高点部位的花 27 井，油层总厚可达 133.7 米，向东北，北翼部分油层迅速减少直至全无；向西南，南翼部分的花 57 井也仅有 21.7 米油层。从宏观上看，油水边界与构造等高线基本一致，严格地受背斜圈闭的控制，具备了典型背斜油气藏的特征（图 1-9-4）。

油砂山油田位于茫崖坳陷狮子沟—油砂山背斜带东部，为一南陡北缓东西狭长之半箱状长轴背斜，构造轴向 110°～120°，构造面积 375 平方公里，闭合面积（以 K_8 计）为 112 平方公里，计有三个高点，以西部油砂山高点隆起最高，闭合最好。高点有一北东向大逆断层，断面东倾（并有水平错动性质），东侧上升，致使下部上新统（N_2^1）油层出露地表，即今所见的油砂山。西侧下降，N_2^1 及 N_1 上部油层尚浅埋地下，形成油砂山浅油藏，经钻探已证实为一具有工业价值的油藏，其油源来自下伏 N_1^1 及 E_3^2 生油层段，油层分布在 N_2^1 底部及 N_1 上部，储集层为砂岩及粉砂岩。油层组总厚在构造高点为 110.9～80.0 米，在构造翼部为 29.3～3.5 米，油层单层厚度一般为 1～1.5 米，最厚者 4 米，薄者在 0.5 米以下。储集层岩性横向变化较大，故而在背斜构造对油田起着主控作用的情况下，部分层段亦受岩性因素的制约（图 1-9-5）。

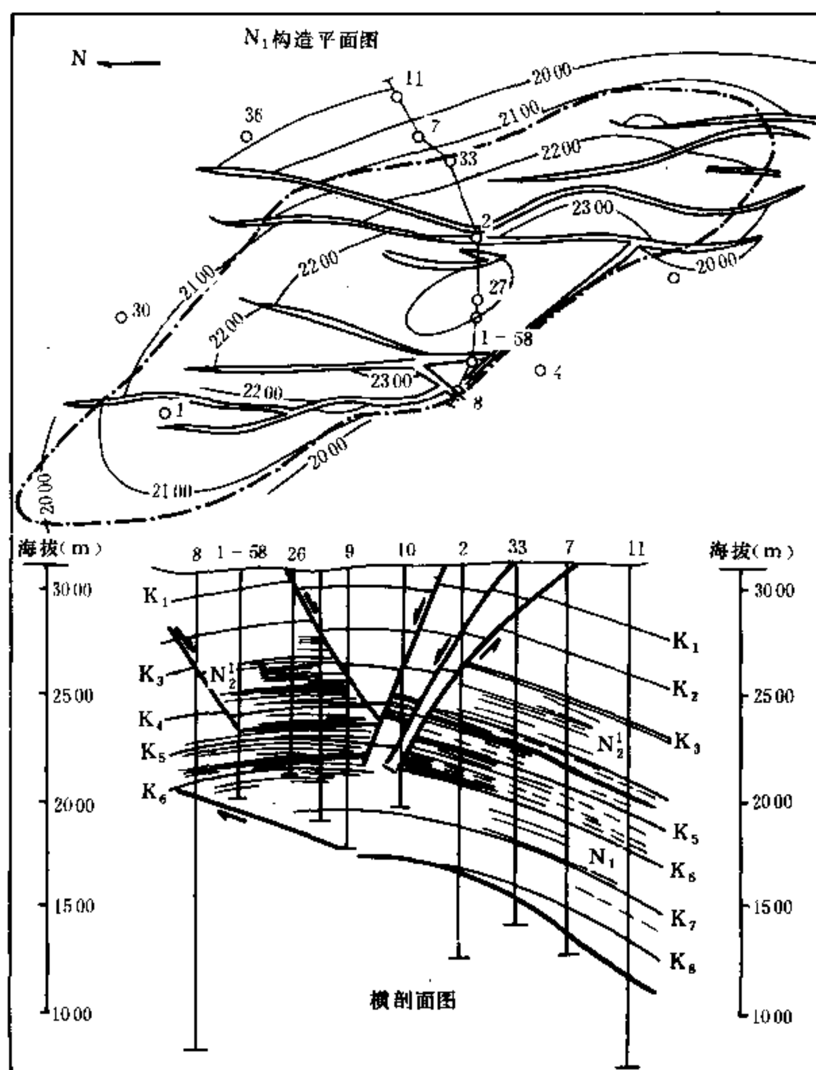


图 1-9-4　狮子沟油田构造图和横剖面图

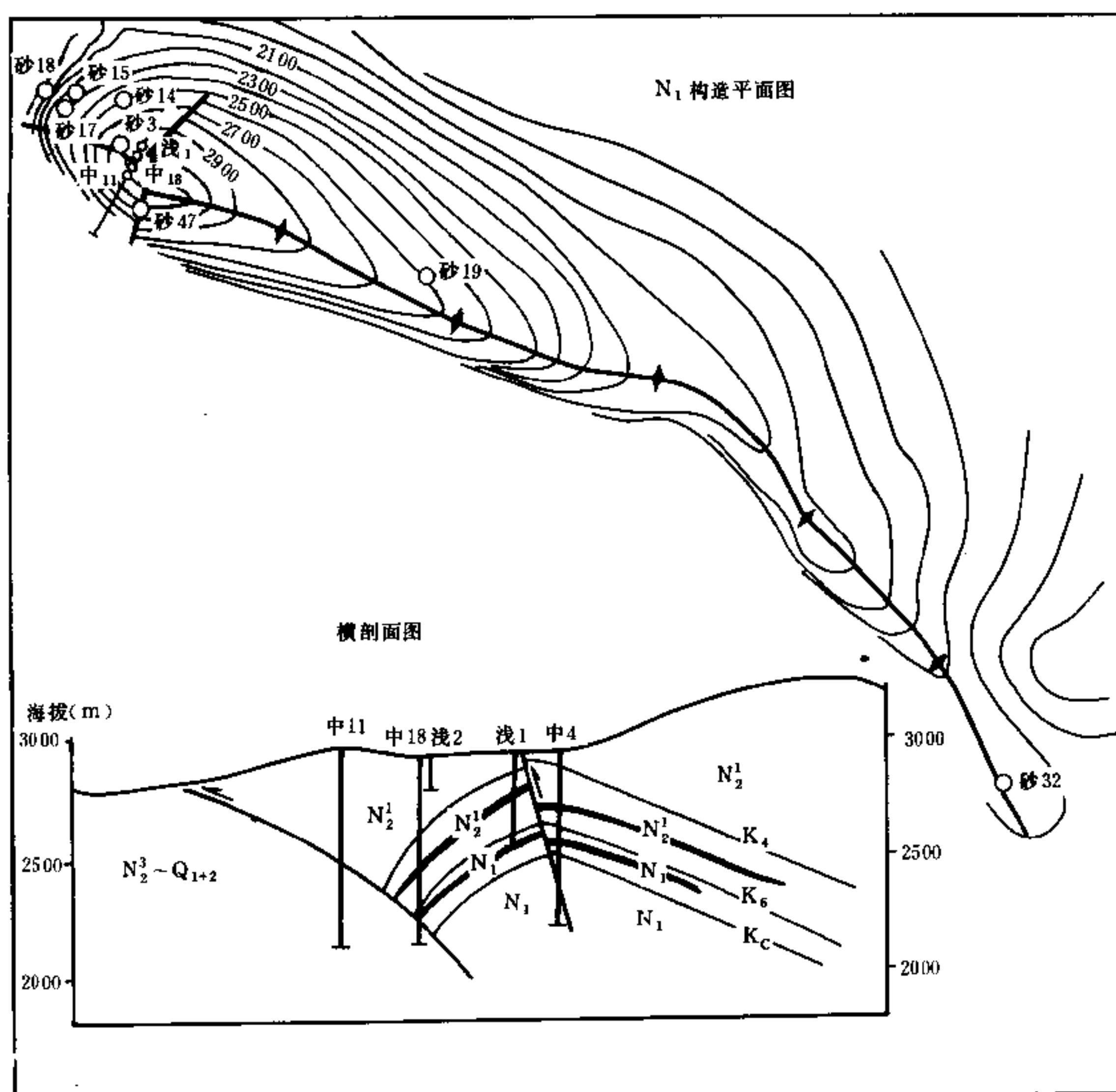


图 1-9-5　油砂山油田 N_1 顶面构造图和横剖面图

(3)"自生自储式"背斜油气藏　此类油气藏在柴达木盆地分布较广，如西部茫崖坳陷已发现的有南翼山中深层、狮子沟深部和尖顶山油气藏；盆地东部三湖新坳陷已发现的有涩北一号、二号，盐湖和驼峰山等第四系气田。这些油气田的共同特点为：储油气层和生油气层处于相同层段。但按储层性质的不同又可分为层状和缝洞型两种，前者以盆地东部的涩北二号气田为代表，后者以狮子沟深部油气藏为典型。

前已述及，涩北二号气田位于柴达木盆地东部三湖新坳陷的中部，为第四纪早、中更新世后期发育成型的同沉积背斜构造（参见图 1-8-14），构造地面出露第四系 Q_{1+2} 地层，背斜构造宽大、平缓，为一较完整的短轴背斜，两翼倾角一般在 1° 左右，其轴向为北西西向，长轴 60 公里，短轴 8 公里，闭合面积 90 平方公里，闭合度 50 米左右，含气面积为 38.85 平方公里，地面与地下构造形态一致，唯地层倾角有随深度增加而变大的趋势。储气层以第四系 Q_{1+2} 的粉砂岩为主，泥质粉砂岩次之，成岩性差，胶结疏松，气层埋深在 1350

米以上，最浅深度不及200米，经近期对该气田复算结果，地质储量较大。

南翼山构造是柴达木盆地茫崖坳陷南翼山背斜带上的一个三级构造，地面构造为一大而平缓的箱状背斜，构造长50公里，宽15公里，面积620平方公里，两翼基本对称，构造西北端开阔，东南端较窄。南翼倾角6°～46°，北翼4°～39°，构造由南翼山和葫芦梁两个高点组成。主高点为南翼山高点，长轴34.9公里，短轴6.9公里，闭合面积157.6平方公里，闭合度820米；次高点葫芦梁高点，闭合面积仅0.5平方公里，闭合度50米，地面出露为N_2^2～Q_{1+2}地层。据地震36测线资料表明，南翼山深、浅构造高点位置符合良好。中深

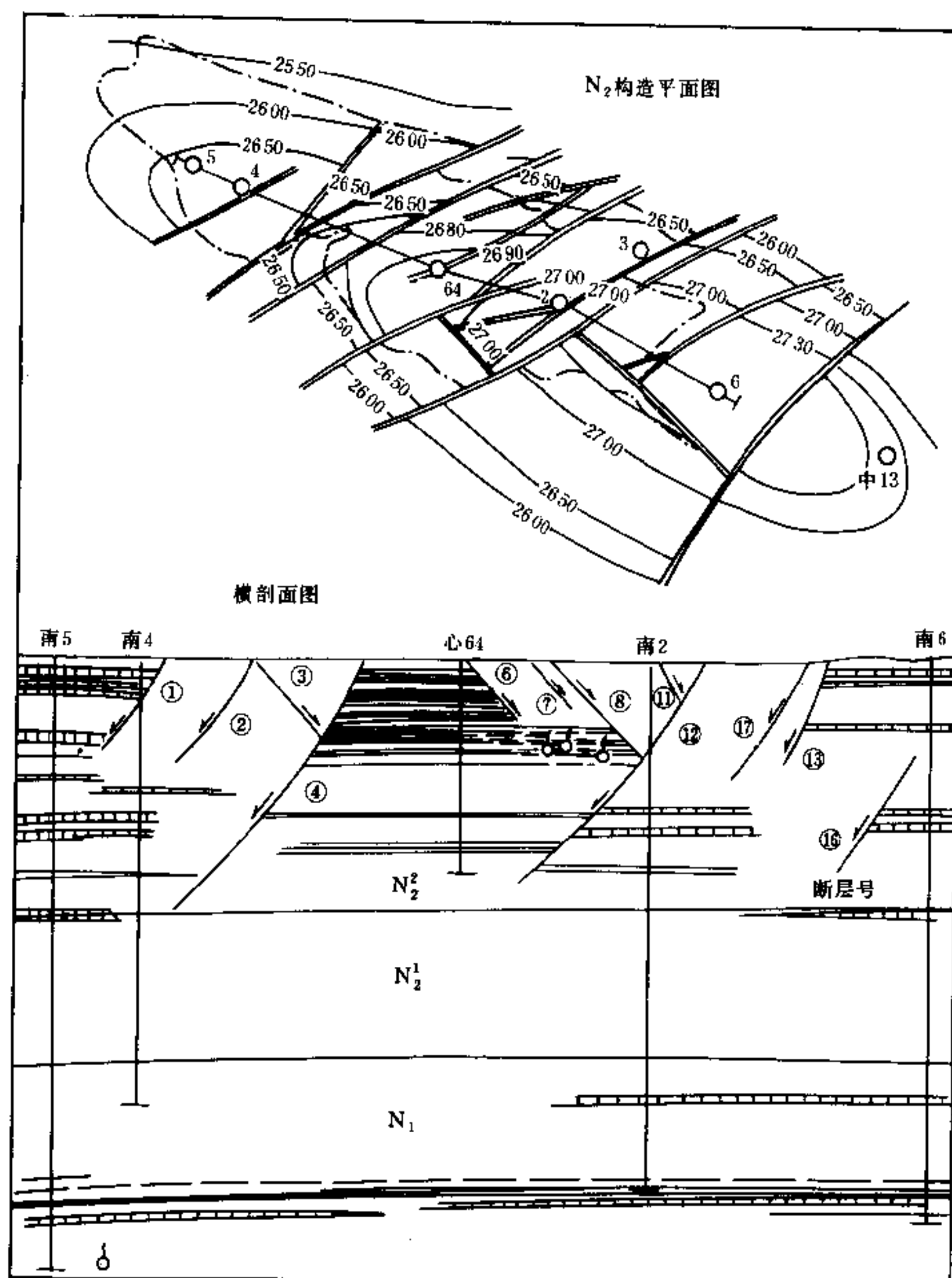


图1-9-6 南翼山N_2顶面构造图和横剖面图

层油气藏即存在于大套生油层段内，储油岩性及类型主要是碳酸盐岩缝洞性油气来自附近的生油岩，生油层段亦是储油层段，故属“自生自储式”油气藏。储集空间有溶孔、粒间孔、晶间孔和裂缝，其中以溶孔和裂缝为主，特别是裂缝存在与否是能否形成工业性油气藏的关键。如1985年钻探的南2井，于井深2960米钻达裂缝性漏层，并伴有较好油气显示，当钻达2981米后即发生强烈井喷，喷出了大量油气；对南6井3000～3012米综合解释的裂缝性油气层，经试油获日产轻质油20立方米以上，天然气12万多立方米（10毫米油嘴）；其他如南3、南4、南5井，在钻达裂缝性漏层井段时，都不同程度地见到油气显示或工业油气流（图1–9–6）。

狮子沟深部油气藏是典型的“自生自储式”缝洞型油气藏，其储集层是半深湖相至深湖相的碳酸盐岩及部分钙质泥岩，储集空间为裂缝、溶孔、溶洞及原生缝洞。盖层为半封闭状态、半深水古湖湾中形成的膏盐层。所以从纵向上看，裂缝发育于膏盐层以下碳酸盐岩发育井段，该段地层亦为本区主要的生油层段；从横向上看缝洞的发育是受一定的层位和构造的控制，如位处深层构造高点较近的狮20井，可能由于缝洞发育，1984年8月10日钻达井深4136.62米时发生井喷，日喷原油246立方米；钻至井深4184.48米，第二次井喷，日喷原油464立方米；钻至井深4564.58米，再次发生严重井喷，利用5个35毫米油嘴同时放喷求产，可日产原油1182立方米，天然气23.57万立方米。又如位于地面向斜轴部的狮24井，于1986年8月在钻井过程对3870.16～3940米井段进行中途测试，用10毫米油嘴自喷求产，日产原油152.29立方米，天然气7773立方米（图1–9–7）。

由狮子沟深层油气藏的储集层段即为生油层段，储油层即为存在缝、洞、孔的生油层，以及由油源对比证明储集层内原油与生油岩同源等资料，足以表明狮子沟深层高产油气藏当属“自生自储式”油气藏。

油泉子油田位于柴达木盆地茫崖坳陷油泉子背斜带西北部，为一不对称背斜构造，北翼

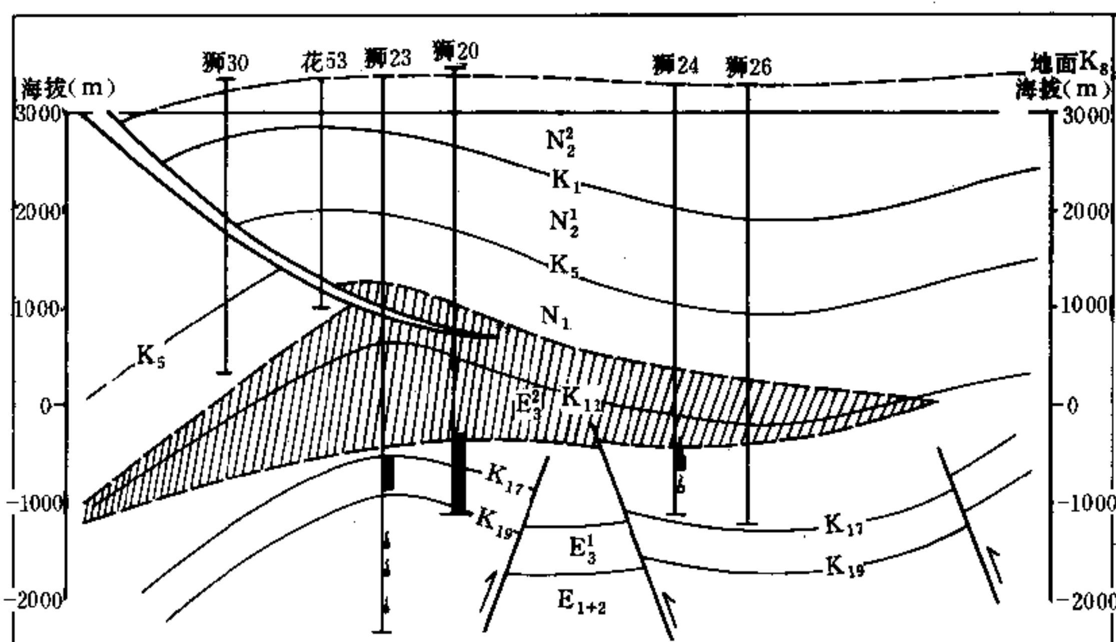


图1–9–7　狮子沟构造深部油气藏横剖面图

（注：图内狮30、26井为原设计井；带竖线者为膏盐层）

陡，倾角为 60°～80°；南翼平缓，倾角约 25°左右，顶部较平缓构成准箱状构造圈闭。构造由东西两个高点组成，西高点为油泉子高点，闭合面积 228 平方公里，闭合度达 2000 米，浅油藏即分布于该高点内。储集层为下部及中部上新统油砂山组（N_2^1、N_2^2）的裂缝性泥岩夹薄层灰岩、钙质泥岩和薄砂条。油藏顶界埋深为 100 米，底界埋深南翼为 600 米左右，北翼为 550 米，分布井段长约 500 米。纵向上主要产层集中于高点部位的泥岩垂直裂缝带和水平裂缝带内，横向与地面裂缝发育区基本一致，油气主要分布于构造高点的裂缝发育区，油藏呈块状。单井日产量相差悬殊以及递减较快是本油藏的特点（图 1-9-8）。

尖顶山油田位处柴达木盆地茫崖坳陷之西北部，与阿尔金山斜坡带相接，尖顶山构造为一半箱状式的穹窿背斜，构造轴线自西向东由 120°变为 140°，南翼倾角 12°～25°；北

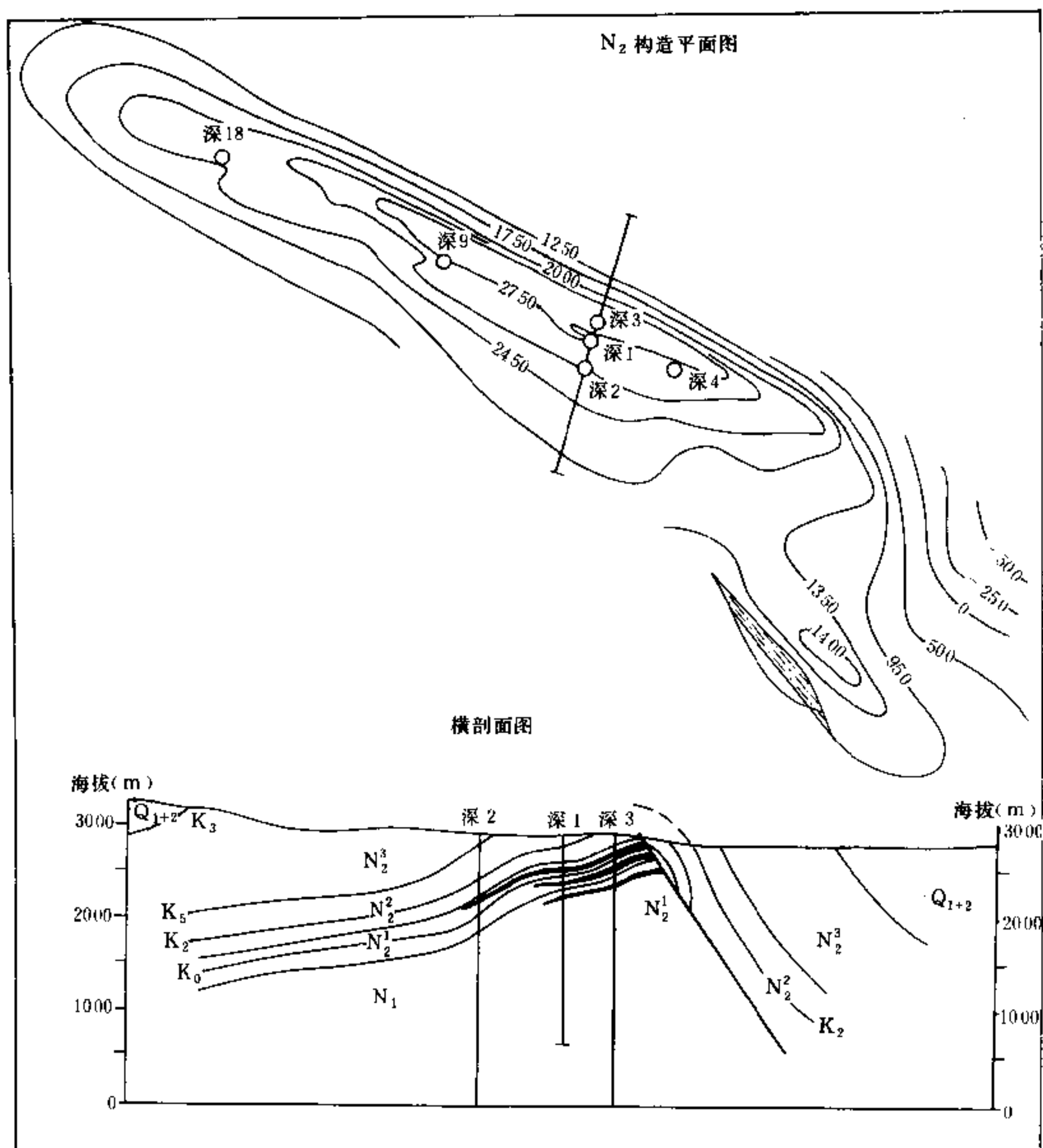


图 1-9-8　油泉子油田 N_2 底部构造图和横剖面图

翼为20°～30°，闭合面积32.3平方公里，闭合差760米。钻探工作始于1957年5月，已在构造轴部探明含油面积2.23平方公里，储集层为N_2^2、N_2^1的泥岩、泥灰岩裂缝发育层段，主要含油井段分布于井深100～360米。经分析，因N_2^2及N_2^1亦是本构造的生油层段，向下至中新统N_1地层后，岩性均为红色砂、泥岩剖面，不具生油条件。所以，尖顶山浅油藏是受背斜构造控制的"自生自储式"油气藏（图1-9-9）。

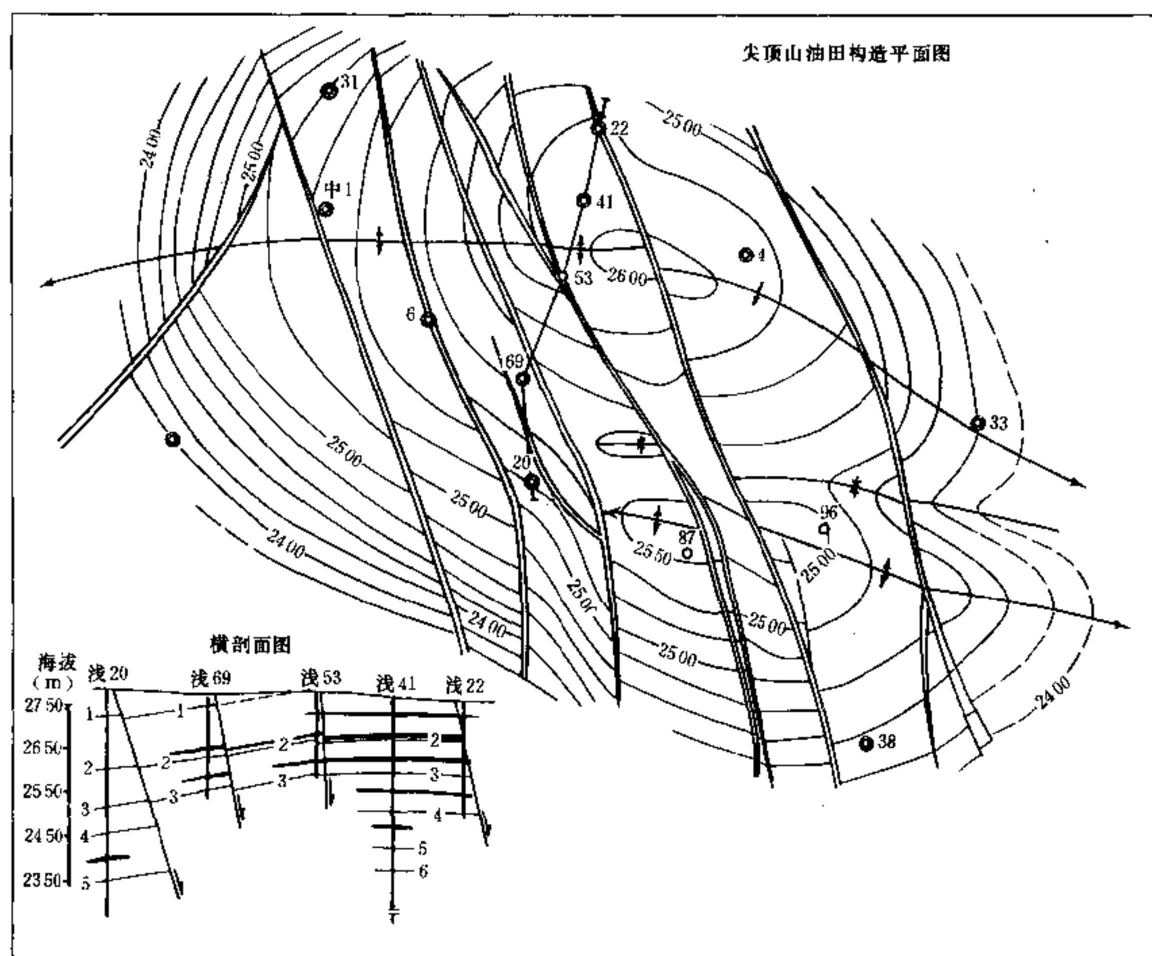


图1-9-9　尖顶山油田N_2底部构造图和横剖面图

此外，涩北一、二号、盐湖、驼峰山等第四系生物成因的天然气田，亦属自生自储式背斜气藏已在第八章中叙述过。

2.断层油气藏

(1) 断块油气藏　断块油气藏是由断层的相互切割形成的圈闭，各断块具有不同的压力系数和油水界面。根据生油层与储集层是否为相同时代和油气藏的形成是否经过再次运移等问题，又可分为原生断块油气藏和次生断块油气藏两种，前者以冷湖三号油藏为代表，后者以冷湖四号、五号油藏较典型。

a.原生断块油气藏　冷湖三号油田位于柴达木盆地北缘块断带西北端，油田的构造背景为一南倾单斜，在此背景上由北西西和北北东向两组断层相互切割呈网格状的断块油藏所组

成，地层系列为下第三系古始新统（E_{1+2}）直接不整合于侏罗系之上，不整合面向南倾斜，倾角 20°～25°，其下中侏罗统大红沟组地层较陡，倾角 48°～68°。北西西走向的一组断层为逆断层；北北东走向的一组断层为正断层。断层面较陡，倾角 50°～80°，断距 50～150 米，最大断距可达 600 米。储集层为中侏罗统大红沟组上部砂岩层。不整合面以上的古、始新统为红色砾、砂、泥混杂的地层，厚度达 200～467 米，物性很差，渗透率低，为良好盖层。据研究，油藏形成于上覆的下第三系古始新统沉积之后。油层平均厚度约 25 米，埋藏深度 500～1200 米，单井平均日产量仅数吨，含油面积 1.36 平方公里，整个油藏被北北东向正断层分割为三个不同的断块区，各断块区含油程度、地层压力和产量均有很大差异（图 1—9—10）。

b.次生断块油气藏　冷湖四号、五号油气田位于盆地北缘块断带西北部的北西—南东向冷湖构造带上。两个油气田受西倾主干大逆断层和东倾次级正断层与西倾次级正断层的切割，形成 23 个面积、储量、产能差异很大的断块。依据断层、倾斜地层、岩性尖灭三者组成的变化，在倾斜的储集层的上倾方向为断层或不渗透性地层所遮挡形成圈闭条件。

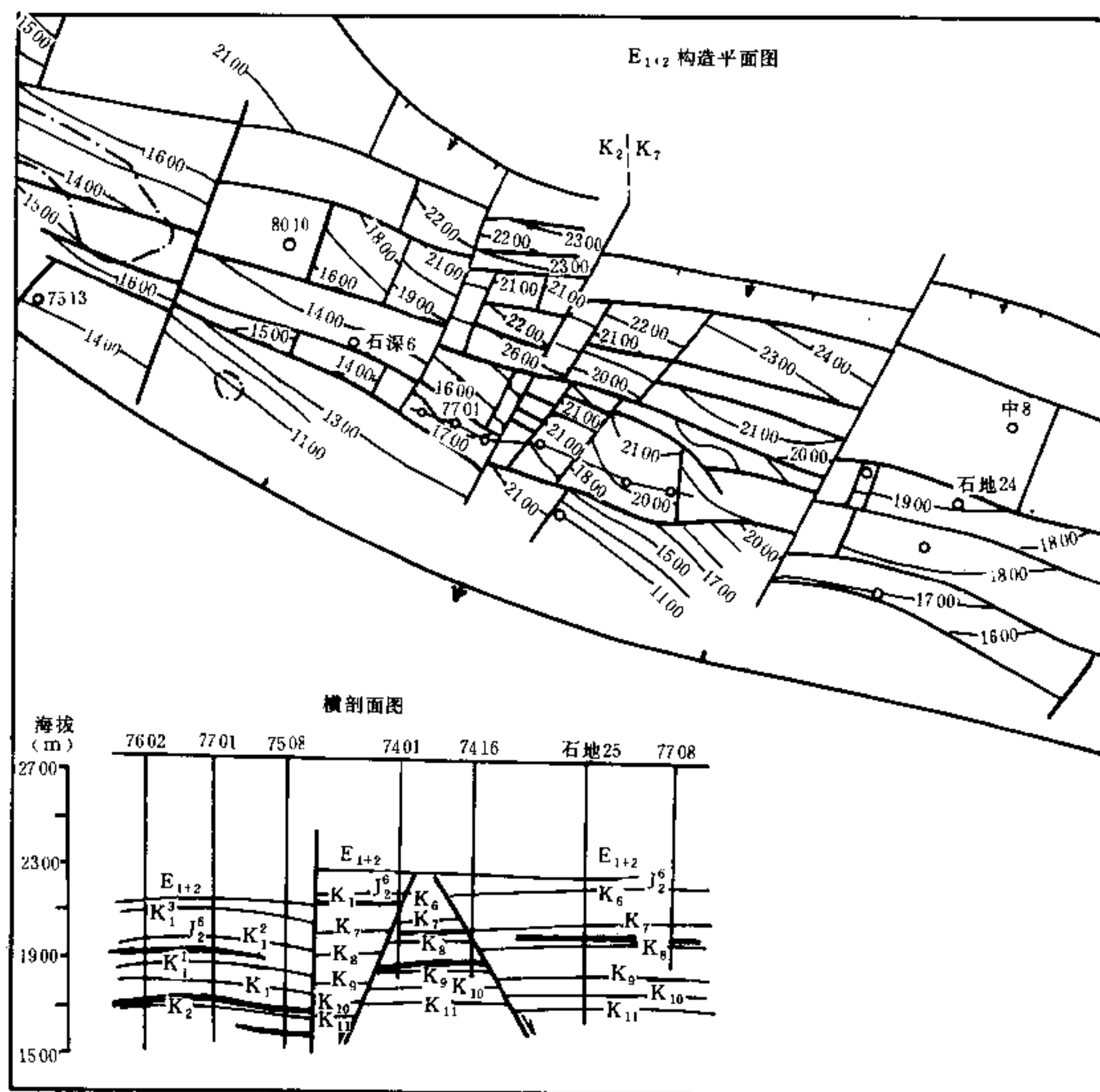


图 1—9—10　冷湖三号油田 J_2 顶面构造图和横剖面图

在构造图上表现为断层线、构造等高线、岩性尖灭线（或地层等厚线）三者相交而形成圈闭，即断层与断层、断层与地层的各种交切关系，将油气聚集的断块类型细分为屋脊状断块、台阶状断块、楔状断块、地垒状断块、岩性上倾尖灭油藏（四号油田中、北区）、不整合覆盖油藏（三号油田局部地区）等六种类型。浅油藏含油丰度以屋脊状断块最富，中深油藏以台阶状断块和断层—构造圈闭断块较好，其它次之。油层多分布于靠近逆断层下盘的构造轴部。储集层属于河流相（辫状河流砂岩体为主）和滨湖相沉积。岩性为砂砾岩、砂岩、细砂岩、粉砂岩和泥岩间互层。具有工业油气流的含油气层组，从下至上大致有四套：第一套为中侏罗统含油气层组，为 J_2^6 层段，属原生油藏（冷湖三号）；第二套为下干柴沟组（E_3）含油气层组；第三套为上干柴沟组（N_1）含油气层组，主要分布于冷湖五号，其次分布于冷湖四号；第四套为下油砂山组（N_2^1）含油气层组，于冷湖五号一高点见到油流，在冷湖五号三高点为气藏。后三套含油气层组的油源仍为下伏侏罗系，经再次运移而在第三系中形成油气藏，因而均为次生油气藏。储集层以非均质性强，纵横向变化大，薄、多、散、杂为特征。浅油藏埋深 180～1200 米，含油井段长达 320～600 米；中深部油藏分布于 1440～1515 米井段。冷湖四号、五号油田含油面积分别为 8.21 平方公里和 3.75 平方公里（图 1-9-11 和图 1-9-12）。

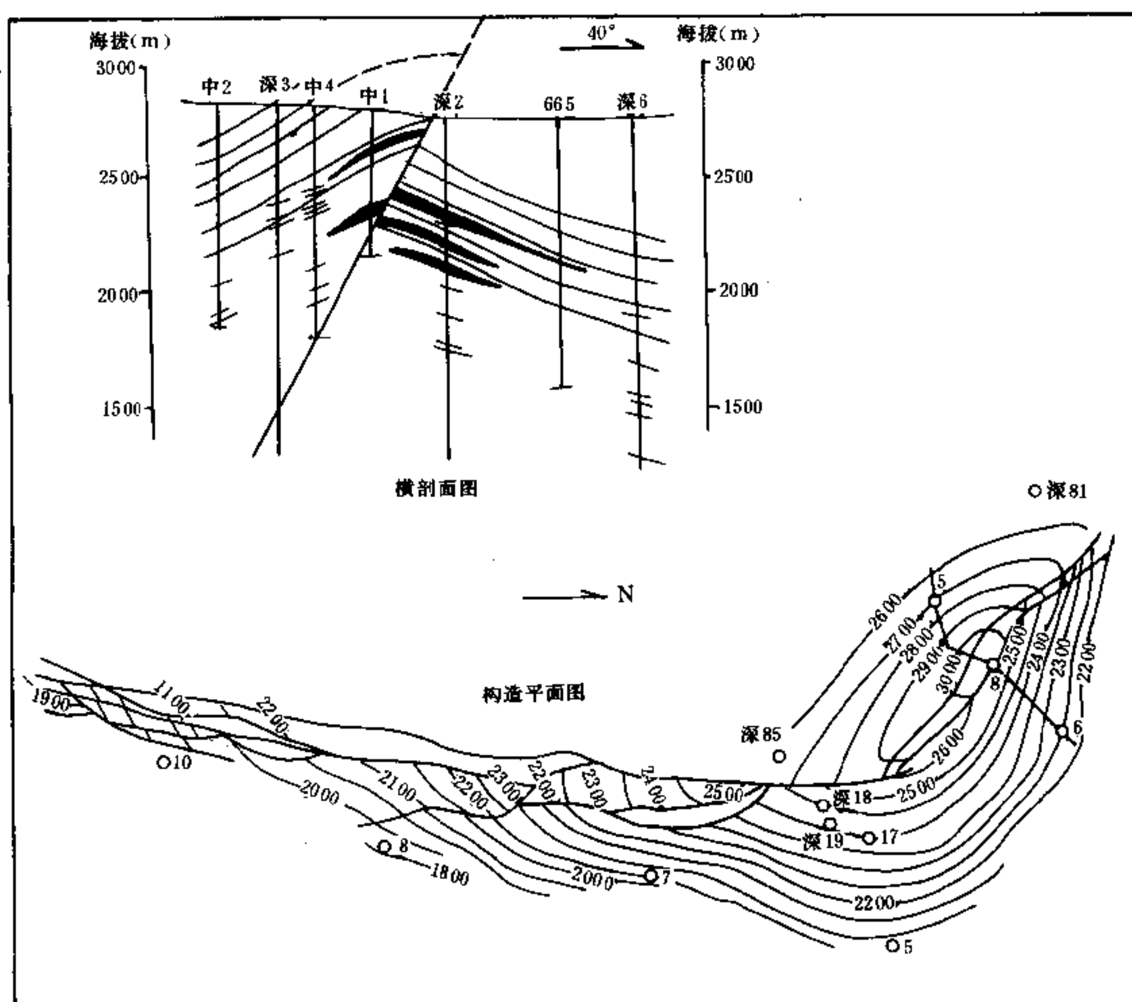


图 1-9-11　冷湖四号油田 N_2^1 构造图及横剖面图

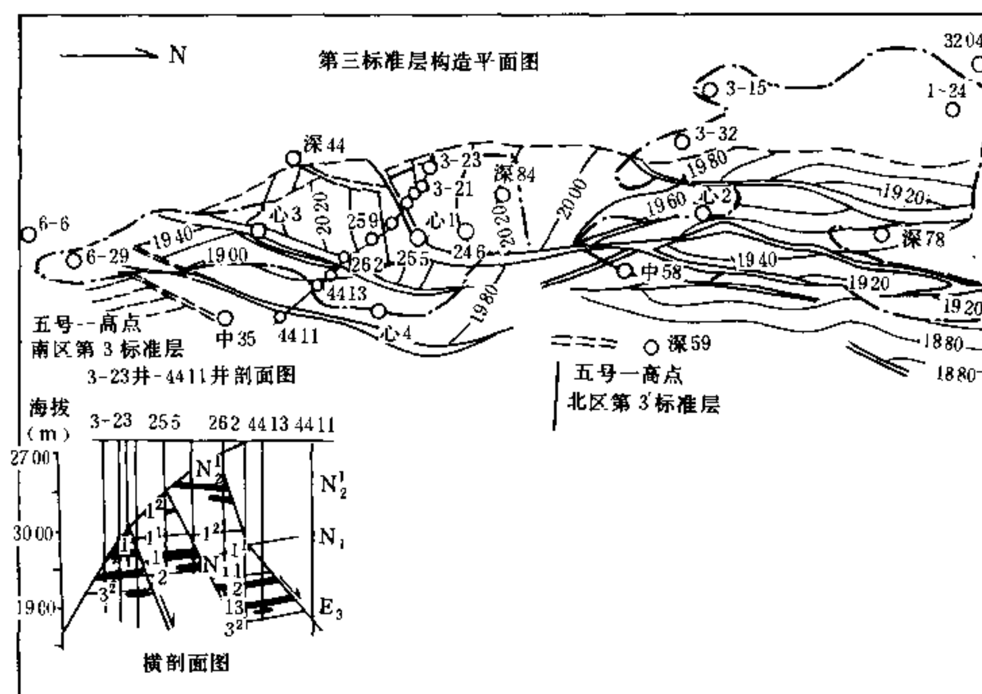


图 1–9–12　冷湖五号油田构造图及横剖面图

(2) 断鼻油气藏　柴达木盆地的断鼻油气藏一般分布于盆地的边缘，上倾部分指向老山并为平行于老山的断裂所遮挡，从而形成圈闭。如咸水泉石油沟高点、红沟子鼻状构造和干柴沟等已遭破坏的油气藏，离边缘老山相对较远的断鼻油气藏有砂西和乌南油气藏等。

咸水泉构造位于茫崖坳陷西北边缘的阿尔金山斜坡区，是一个向东南倾伏的断鼻构造，由西北而东南依次为石油沟高点、华岩山高点、咸水泉高点，三个高点以不明显的向斜（或膝褶关系）相连接，以石油沟高点西北大正断层遮挡封闭为准，总计断鼻构造面积 302 平方公里，闭合面积 61 平方公里，其中石油沟高点闭合面积 6.5 平方公里，闭合度 2100 米。

由于该高点位处盆地边缘，岩性变化极大，如石油沟高点出露的上新统底部（N_2^1）储油层为大套灰色砾岩及砾状砂岩，而向盆地不及两公里所钻的中 6 井，岩性已相变为胶结致密的砾状砂岩和砂岩，再向盆地 1 公里所钻的中 2 井，岩性均已相变为灰色及深灰色的泥岩及钙质泥岩，并成为油气藏的油源层。为此，当生油层进入成油门限深度和温度后，所生成的油气即向压实作用较小的构造高部位运移，并最后在上倾方向为断层所遮挡的砂质岩储集层内富集而形成油气藏，因而这类分布于盆地边缘的断鼻油气藏，从生储关系和运移方式上分析，该属同层侧向运移为主。但在石油沟高点以东的华岩山高点，由于储集层段岩性已相变为湖相暗色泥质岩和泥灰岩为主，很少存在适于储油的砂质岩，为此又以"自生自储式"缝洞性油气藏形式出现。故断鼻油气藏类型的确定，主要以鼻状构造上倾部分为断层遮挡而形成圈闭的主控因素而定，储集层和生储配置关系的不同，仅能作为断鼻油气藏次一级分类的依据（图 1–9–13）。

砂西构造经地震及钻井对比资料证实，为一上倾部分由地震Ⅻ号断层所遮挡的断鼻状圈闭，轴向近东西，由东往西倾没。长轴 3.7 公里，短轴宽 2 公里，该油藏的储集层为下第三系下柴组下部（E_3^1），油层一般厚 10 米左右，分布于 220～250 米的井段内，以鼻褶最高部

位的跃 24 井油层最厚，经试油有 6 个油层总厚可达 46.9 米，其中单层最厚者为 12.8 米；而翼部的跃 20 井仅有一个油层，厚度 7.4 左右。从整体上分析 E_3^1 油藏受鼻褶构造等高线的控制，油水边界与等高线基本一致，但断层和岩性对油气藏仍有一定影响，如第Ⅱ油层组，第 9 小层的油层，仅存在于跃 24、跃 25 井内，其它各层由于储集层尖灭或物性变差而为干层。

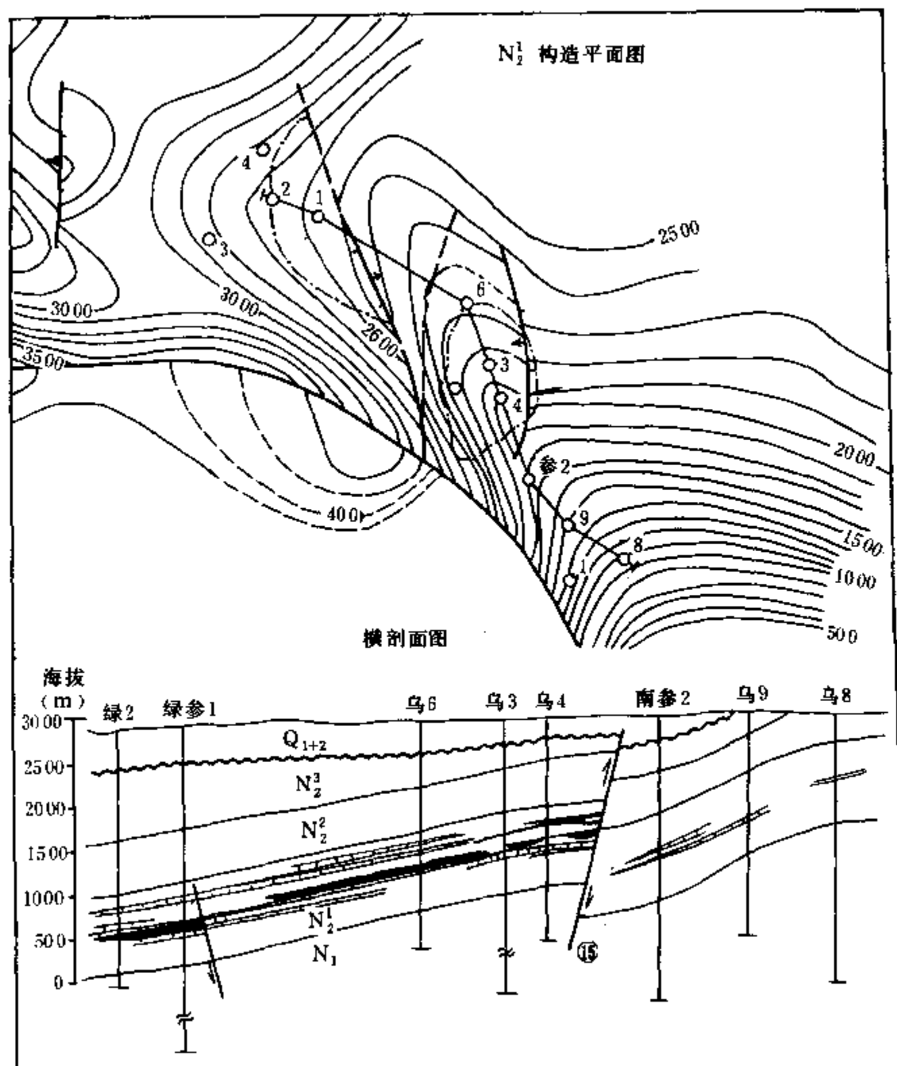


图 1-9-13　咸水泉断鼻油气藏 N_1 顶部构造图和横剖面图

乌南断鼻油气藏位于柴达木盆地茫崖坳陷南缘，断鼻构造轴向北 30°西、倾没角 6°，西南翼较陡，倾角为 20°，东北翼较缓，倾角为 15°左右。整个断鼻构造长 22.5 公里，宽 5～10 公里，面积 130 平方公里，近南北向有一大逆断层，断层面近 80°倾向西南，给断鼻上倾部位以遮挡而形成圈闭，构成乌南断鼻油气藏。断鼻构造翘起端与倾没端幅度差可达 1000 米，并由北西和近南北向两组断裂将构造分为三个断块：即乌 9 井断块、南参 2 井断块、乌 4 井断块和绿草滩断块。乌南断鼻油气藏纵横向分布受断层、岩性两种因素制约，断层控制作用在于分割性，如南参 2 井断块、乌 4 井断块和绿草滩断块，它们各具不同的油水

边界。为此，乌南油田严格地讲应为断鼻背景上的断块油藏，且本油田各油气藏还受一定岩性因素的控制，表现于储集层的变化性，如油层多为透镜体，横向连续性差，油、水、干层交错分布，油水边界往往与构造等高线斜交。储油层为下部上新统下油砂山组（N_2^1），储集层主要为粉砂岩、细砂岩，具有油层薄、分布稀疏、变化大的特点。单层厚度一般为1～2米，最厚可达6米，油层分布井段长达300～500米，最长可达707米，油层顶界为654.6米，底界最深为2354米（图1-9-14）。

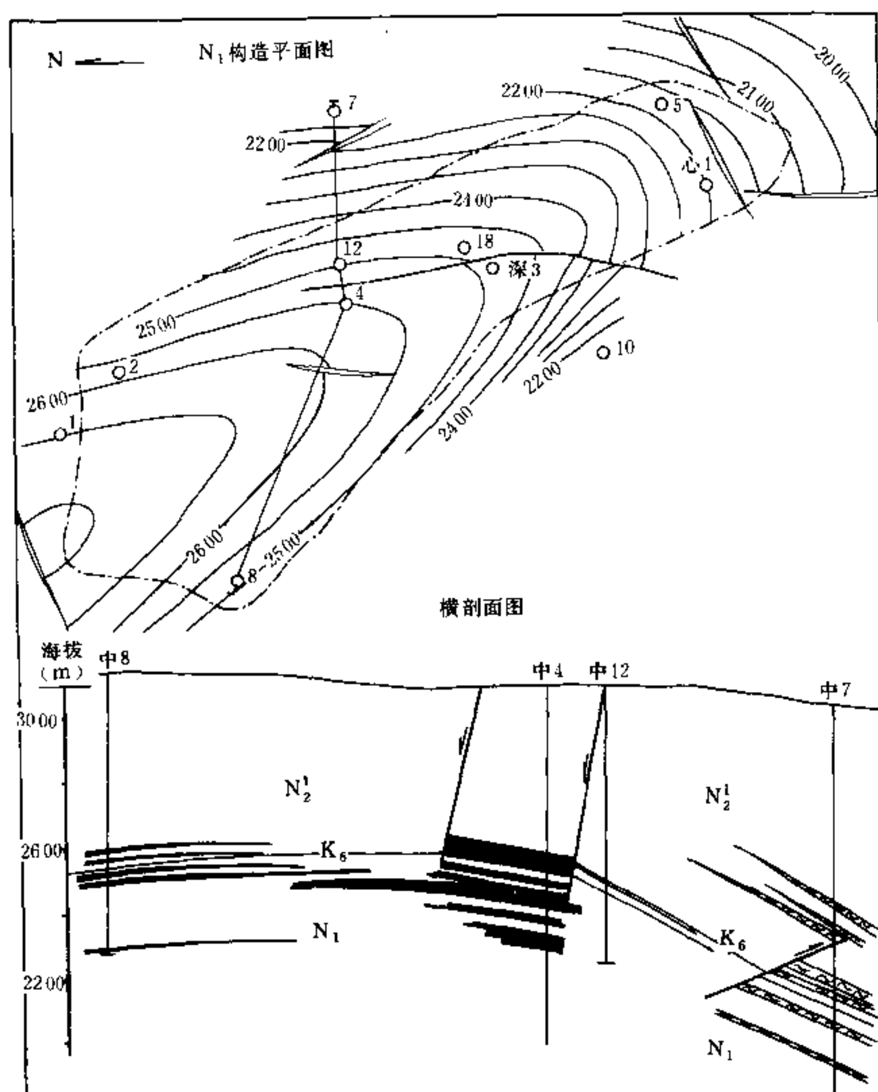


图1-9-14 乌南油田 N_2^1 底部构造图和横剖面图

3.地层油气藏

（1）地层-岩性尖灭油气藏 柴达木盆地典型的地层-岩性尖灭油气藏尚未发现，但七个泉构造北翼的油气分布，明显地超越了背斜构造的圈闭范围，而严格地受岩性变化因素的控制，因而该区可列入地层-岩性尖灭油气藏的范畴。但从七个泉油田整体出发，可认为是背斜背景上的局部地层-岩性尖灭油气藏。

七个泉油田位处盆地西部茫崖坳陷西北边缘，地面背斜构造长9公里，宽2.5公里，面积为22平方公里，构造轴向由西而东为130°～110°，南翼陡，倾角一般为20°左右，北翼较缓，一般8°～15°，构造东端倾没角20°，西端倾没角不及5°，闭合度220米，闭合面积4.5平方公里。油气整体上分布于构造高部位，但在北翼可远较南翼为低，并超出了闭合面积，油水面与构造等高线斜交，明显地受岩性所控制，局部属地层-岩性尖灭油气藏。该油田有两套含油层组，上含油层组位于上新统上部（N_2^3），岩性为砾岩、砾状砂岩、粉砂岩等；下含油层组位于渐新统下部，为油田的主力油藏，岩性亦为砾岩、砾状砂岩和粉砂岩，局部为裂缝溶洞储油。两套油层组的共同特点是油层分散，属于低压低饱和油藏，并受地层岩性的控制，横向变化大，连通性差，储油层常与邻井互不连通，并在本井四周围迅速尖灭，单层延展范围一般在500米以内，超过800米者较少见。其沉积环境为接近陆源区的滨湖相和近岸相以及属于泥、砂、砾迅速混杂堆积的急流河流相沉积，岩性变化很大，

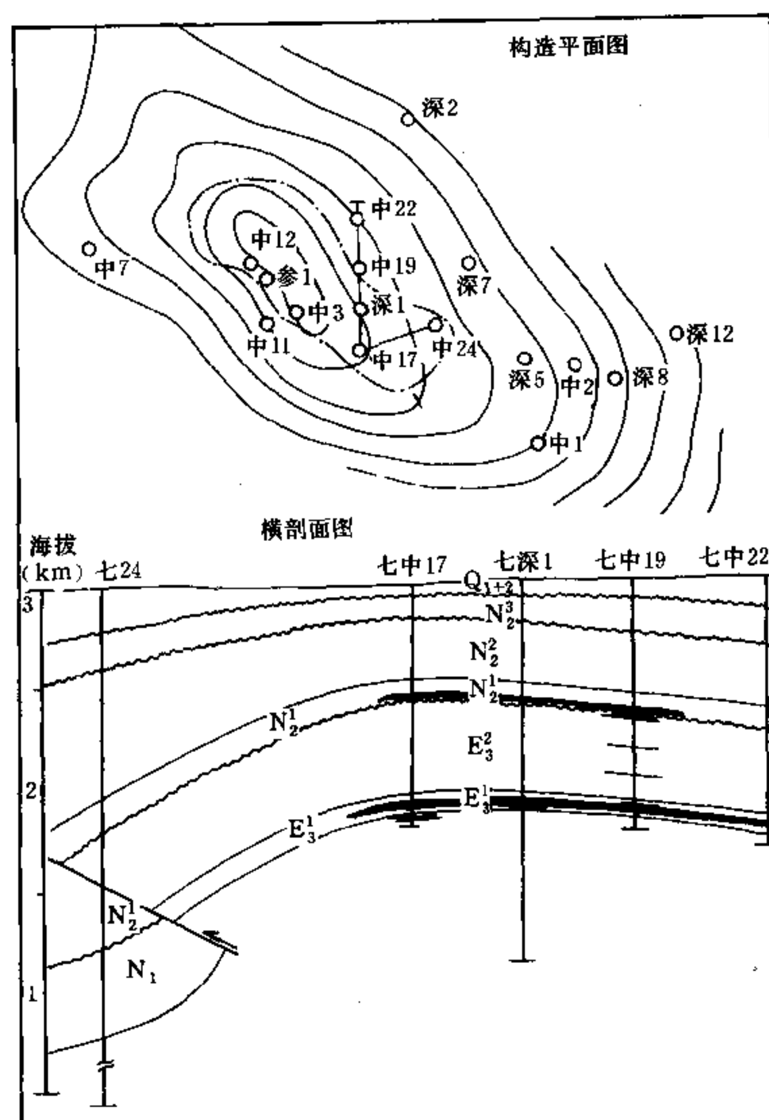


图1-9-15　七个泉油田N_2^1顶部构造图和横剖面图

分选差，相带窄。七个泉油田是渐新统（E_3）“自生自储式”原生油藏和 N_2^3 次生油藏的复合体，E_3 是已知的生油层，在生油暗色泥质岩内有粉砂岩透镜体含油和裂缝溶洞含油，并已获工业油流。但从原油性质上对比分析，七个泉油藏曾遭受氧化：原油的比重、粘度均比花土沟油田为高，轻质油量相对减少（图 1-9-15）。

（2）地层超覆不整合油气藏　马海气田是柴达木盆地有代表性的地层超覆不整合气藏，本志第八章第五节已有论述，不再赘言。

第二节　油气藏形成条件

柴达木盆地西部以第三系为主体的茫崖坳陷和北部以侏罗系、第三系为主体的北缘块断带以及东部以第四纪为主体的三湖新坳陷，分别沉积了巨厚的生油层、生气层和多套不同岩性的储集层，经过不同的成油、成气机理，形成了如上所述的多种类型的油气藏。这些油气藏具有不同的圈闭形式和控油因素，从生储配置关系和油气藏形成过程的运移方式、方向以及构造形成的时间和区域背景等方面亦存在着巨大的差异，并导致油气富集程度和纵向分布的不同。

一、“上生下储式”背斜油气藏形成机理

如尕斯库勒油田 E_3^1 深油藏和红柳泉 E_3^1 油藏，其共同的特点是上部渐新统和中新统生油层以下，存在下部渐新统（E_3^1）砂质储集层，而生油层段很少有可作储集层的砂质岩存在，且构造形成较早，在渐新统时即有明显的隆起现象。由地震和钻井资料证实，尕斯库勒油气藏的圈闭为一走向近南北，东翼缓，西翼陡，在西翼外围存在一东倾逆断层，断距可达 800 米左右，由该断层的增长系数与构造发育指数基本一致的事实，说明两者均属同生型，并具有成因联系。由基岩至第四系底界，从老到新构造形态基本一致，继承性明显，唯倾角逐渐变小，地层厚度由构造外围向轴部逐渐变薄，构造范围内的每公里减薄率可达百分之二十二。因而无论从上下倾角和地层厚度的横向变化上，都证明尕斯库勒油气藏的圈闭应为一个从基岩开始隆起的古构造。由地层层序可见，第三纪古、始新统（E_{1+2}）红色地层直接盖覆于基岩之上，接着又连续沉积了 210～300 米厚的下部渐新统（E_3^1）红色河流三角洲相地层。该地层由四个由粗到细的沉积旋回组成，旋回下部一般为灰色细砾岩或砾状砂岩。这四个旋回构成了尕斯库勒油田 E_3^1 深部油藏的四个储集层组。储集层以上连续沉积了厚达 550 米的上部渐新统（E_3^2）和 500 米下部中新统（N_1^1）暗色泥灰岩及钙质泥岩，该地层富含有机质。有机碳（“C”）在高含钙质的前提下平均含量达 0.47～0.55%；氯仿沥青“A”平均为 869～947ppm，为盆地最主要的生油层系。自中新统晚期开始，由于盆地西部的抬升和湖岸线向东北逐渐迁移，在生油层以上沉积了红灰间互夹有较多杂色泥岩的滨湖相上部中新统和河流相的下部上新统。由上述沉积序列表明，尕斯库勒油田 E_3^1 深油藏的油源来自其上覆的渐新统上部和中新统下部的生油岩系，呈现了“上生下储”的成油组合。其油气运移主要通过下列两种方式：

（1）断接式运移　前已述及，尕斯库勒背斜圈闭及其两翼的逆断层均属同生型，并具有密切的成因联系，为此在生油层的沉积过程中，随着断层西侧的下降和东侧的隆升，导致尕斯库勒背斜主体的四套 E_3^1 储集层与断层西侧的大套生油层直接相连。当下降侧生油岩在上覆层的不断增厚并进入成油门限深度和温度后，所生成的油气分子即在地层的压实和地下水的增热作用下产生营力，并随着生油岩层中大量结合水转化成自由水的排出而开

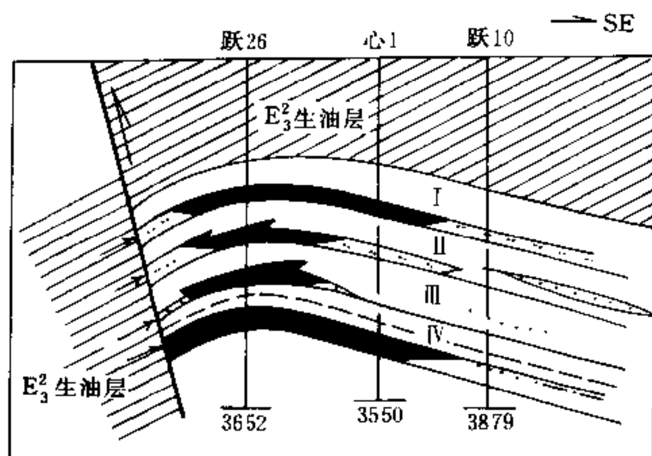


图 1-9-16 尕斯库勒油田 E_3^1 深部油藏储集层、断层接触关系图

始初次运移，同时生油层内有机质在整个热演化过程伴随有大量天然气产生，亦为油气分子增添了运移能力。结合与之相接的东侧储集层，由于较泥质岩具有较小的压实系数，孔隙压力远低于西侧的生油层，因此，油气即可向上作初次运移并通过断层向具有较大孔隙和最低压力的 E_3^1 储集层内运移和富集(图 1-9-16)。

(2) 侧上式运移　尕斯库勒背斜油气藏为一花岗岩基底隆起断块上所发育形成的古构造，边沉积边隆起的特征明显，因而在构造高部位 E_3^1 储集层以上连续沉积 E_3^2 生油层的同时，在构造翼部和外围的低凹部分相对沉积了更厚的生油岩系，因此，其成熟期和地层压实作用当早于和大于构造高部位。特别在构造顶部的 E_3^1 砂质岩储集体，因其压实系数又远低于上覆生油岩系，必将成为该区最大的压降区。由此可知，构造外围生油层因较早进入成熟期而产生的油气分子，由于膨胀增压和受较大压实作用而产生营力，导致下倾部分生成的油气随着压实过程中所排出的地层水，即以水为载体开始向构造高部位的低压区作侧向运移，并最终在 E_3^1 承压最小的储集孔隙中富集 (图 1-9-17)。

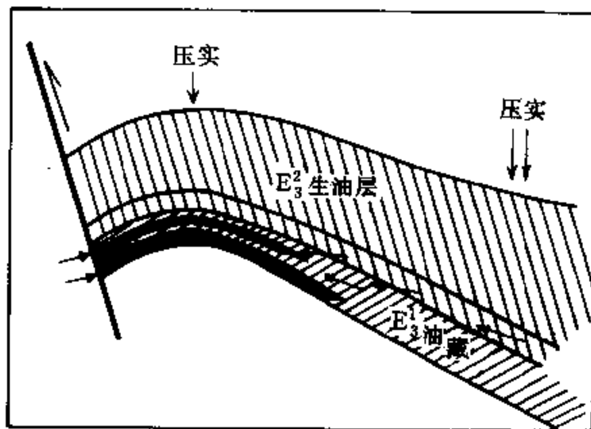


图 1-9-17 尕斯库勒油田 E_3^1 侧上运移油藏横剖面图

由以上对尕斯库勒油田 E_3^1 深部油藏的两种运移方式和成油机理的分析中不难看出，所谓“上生下储”的成油组合，说明了生储层的配置关系而不能仅仅是狭隘地理解为自上而下倒灌的运移方式。这种成油组合油气藏的存在，必须具备下列基本地质条件：一是生油层本身缺乏砂质岩或粒屑灰岩等理想储集层；二是生油层以下存在压实系数较小和孔隙压力较低的砂质岩储集体；三是存在较古老的同沉积圈闭，致使圈闭外围沉积远较圈闭高部位为厚的生油岩和上覆层，以便在生油层成油过程中产生与圈闭高部位储集层间的巨大压差，为油气的侧上运移和富集提供足够的动力；四是生油层进入成熟期前应有断距较大的逆断层，并且断层下降盘生油层的上倾方向恰与圈闭高部位压力相对较小的储集层相接，为油气的运移提供有利的通道。这些基本地质条件，是形成这类油气藏的基础。

二、"下生上储式"背斜油气藏形成机理

以位于茫崖生油坳陷的狮子沟——油砂山背斜带的花土沟油田为例，该区上部渐新统和下部中新统两个主力生油岩总厚度可达2000米以上，其北有英雄岭生油凹陷，南侧为油气富集程度较高的尕斯断陷，生油条件尤佳。中新世后期，由于盆地西部的大幅度隆升，湖岸线已向东北迁移至油砂山狮子沟一带，因此在渐新统上部和中新统下部生油岩以上沉积了滨湖相的上部中新统和河流三角洲相的上新统下部地层。这两套具有较多砂质岩的地层，为花土沟浅油藏提供了有利的储集场所，并与下伏生油层相配置奠定了"下生上储"成油组合的基础。花土沟浅油藏圈闭的轴向为北西—南东向，东北翼倾角一般为25°左右，西南翼较陡，到外围竟至直立倒转，并有一条断距可达1795米、断面倾角仅26°的东倾逆掩断层从中新统生油层的中下部通过，将花土沟构造分隔为上下两部分。花土沟浅部油藏即位于断层上盘（图1-9-18）。由于该大逆掩断层的断距自上而下变小，以及浅油藏轴部具有较多向轴倾斜的正断层，断距一般较小（30米左右），具有向深部逐渐消失的趋势，说明该圈闭形成较晚，并与大逆掩断层具有密切的成生联系。而轴部相向而倾的一系列较小正断层，应为构造形变至张应力超过地层破碎压力所产生的次一级断裂。上述基本地质条件决定了花土沟浅油藏的形成机理大致具如下模式：由于花土沟区第三系的成油门限深度为2500～3200米，门限温度为98～114℃，因此在沉积2000米生油层的基础上，至上新统中后期，下伏生油层才日趋成熟，此时恰与晚期喜山运动和花土沟高点发育最快的时期相一致，使地层所受压应力大于弯曲平衡的许可范围而在构造轴部发生张性正断层，这些小断裂和西南翼的大逆断层，为已进入成熟期的生油层沟通了油气和地层水向上运移并进入压力相对较小的上部储集层的通道，然后在重力自然分异和平衡作用下形成了水在下、油和气在上，下部含油面积大，向上逐渐变小的塔形分布现状。油砂山油气藏的形成机理与此相同，唯后期隆起过高，致使中新统上部和上新统下部储油层暴露地面，大量油气散失。

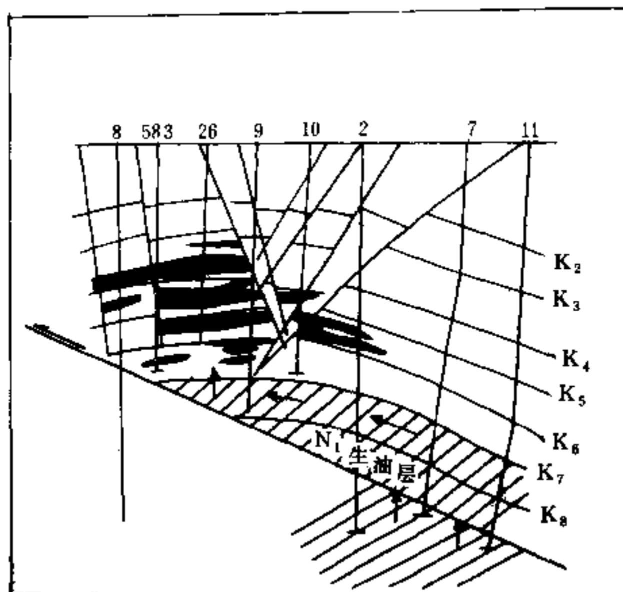


图1-9-18 花土沟油田浅部油藏横剖面图

柴达木盆地"下生上储式"背斜油气藏形成的特点可以概括为：油气藏圈闭形成时间较晚；生油层位处储集层之下；油气运移方式主要为由下而上通过断层和微细裂缝进行；油气藏横向分布受圈闭高点的控制、纵向呈下大上小形、油气水分异明显。

三、"自生自储式"背斜油气藏形成机理

层状"自生自储式"背斜油气藏的形成机理以涩北二号气田为例：如前所述，盆地三湖新坳陷为第四系的沉积中心，远离物源区，在沉积巨厚的富含有机质的生气岩的同时，当水流增大期可间杂沉积一定的中、薄层细砂岩和粉砂岩。由于第四系压实作用很小，致使这些砂

质岩胶结疏松，具有较大的孔隙度，一般平均为32.1%，最大可达42.8%以上。这为第四系生气岩所生成的天然气提供了就近储集的较为理想的场所。在第四系沉积的同时，该区还伴有微弱的新构造运动，这可由涩北一、二号构造虽然平缓但轴部地层较翼部为薄的事实得到证明。这种同生背斜构造为天然气的运移和富集提供了有利的圈闭。对第四系天然气的分析研究，已确认属于形成时间甚短、产生于生物化学阶段的生物成因气。因此，这些天然气藏的形成模式应为：生气岩在生化作用下所产生的天然气就近运移于边沉积边隆起的疏松砂质岩中，并在有利的圈闭中富集形成天然气藏。

缝洞性"自生自储式"背斜油气藏的形成机理以狮子沟油田深部油气藏为例：狮子沟地区在上部渐新世（E_3^2）和下中中新世（N_1^1）为深湖相沉积，在巨厚的E_3^2～N_1主力生油层段，很少有可作储集层的砂质岩沉积。当生油层上覆沉积达到生油层成油门限深度和门限温度时，其地质时代已到上新世末期，这时适逢强烈的晚期喜山褶皱运动，导致第三系形成构造。而本区生油层属于脆性的钙质泥岩和泥灰岩，除本身具有一定原生孔隙和溶蚀孔隙外，在构造形变过程中极易发生多种裂隙，致使这个生油层段具有一定的孔隙度和较好的连通性，为刚进入成熟期的生油层排烃作用就近提供了通道和低压的储集场所。由于本区生油岩巨厚和具有较好的质量，油气资源十分丰富，因此，只要结合有利的圈闭和发育的缝洞，就可形成既有储量又有高产的油气藏。

四、断块油气藏形成机理

原生断块油气藏以冷湖三号油气藏为例，其生油岩为中侏罗统的第四及第五段（J_2^4及J_2^5），储集层为紧邻生油层的中侏罗统第六段（J_2^6），其成油组合为"下生上储式"。由于侏罗纪断块活动强烈，经北西向和北东向两组断裂的相互切割，形成了较多地层为高角度南倾的块断。限于侏罗系沉积较薄，只有在第三系沉积后的高温、高压下才能成熟，所排出的油气开始通过断裂向上运移，并为第三系古、始新统不整合所遮挡，而于不整合面以下的中侏罗统第六段（J_2^6）砂质岩中富集，形成具有经济价值的油气藏。

次生断块油气藏以冷湖四号、五号油气藏为例，其背景为一狭长的背斜带，油气主要分布于构造带东北翼的西倾大逆断层的下盘，为较多断层相互切割而成的23个封闭断块内。经钻探证明，第三系全为河流相红色地层，所以油源层仍为下伏侏罗系的J_2^4和J_2^5。由于第三纪末的晚期喜山运动作用，构造东北翼西倾大逆断层和多组派生断层的发展和发生，侏罗系内的油气沿断裂上升至第三系渐新统和中新统的封闭断块内，并在适于油气聚集的砂质岩内富集，而形成了次生断块油藏。大逆断层带具有较多油砂的事实，可作为断层确是油气主要运移通道的证明。由于各断块守油面积大小和下伏侏罗系联通程度的差异，形成了产能悬殊、压力系数各异、油水边界自成体系的断块油藏。这也说明了冷湖四号、五号油田在靠近大逆断层的屋脊状断块油层最为富集，远距大逆断层的断块和楔状断块的油气藏富集程度甚低的原因。

五、断鼻油气藏的形成机理

前已述及，这类油气藏一般分布于盆地的边缘，上倾部分指向老山并为平行于老山的断裂所遮挡，从而形成圈闭。如以已遭受后期破坏的干柴沟油气藏为例，其位处盆地边缘，岩性变化甚大，断鼻构造高部位的渐新统以砾岩和砾状砂岩为主的储集层，向盆地延伸不及一公里，在地层厚度迅速增大的同时即可相变为大套灰色泥岩及钙质泥岩而成为该油气藏的油源岩。为此，当生油层进入成油门限深度和温度后，所生成的油气即向压实作用较小的构造高部位运移，并最后为上倾方向断层所遮挡的砂质岩储集层内富集而形成油气藏。这类油气

藏从生储关系和运移方式来分析，属于同层侧向运移。其他如咸水泉构造石油沟高点油气藏和红沟子鼻状构造等油气藏均具有基本相同的成油机理。

六、地层油气藏的形成机理

柴达木盆地的油气藏虽然以构造油气藏为主，同时亦发现了一些构造背景上的地层油气藏，其成油机理基本上相同于构造油气藏，唯局部由于储油物性的差异而使油气的分布受岩性的制约。如前所述，盆地西部的七个泉油田，其北翼的油水界面明显受岩性的影响而远低于南翼。又如北缘块断带的马海气田，为下第三系直接超覆于基岩的不整合气藏，其气源可能来自北侧的侏罗系。

七、油气藏形成与泥岩压实带的关系

异常压实带或称超静压分布带、欠压实带。据国内外资料表明：在含油气盆地地下深处，常有异常压实带存在，并且往往存在于富含有机质的暗色泥岩内。当有机质成熟以后，异常压实带为油气向储集层的初次运移提供了动力。若从地质条件分析，若缺乏这种排烃的动力就会形成“能生不能排”的无效生油层，如油页岩、含沥青质页岩、含油泥岩等。根据盆地茫崖坳陷生油岩包括泥质碳酸岩压实研究成果（陈荷立，1982），说明该区的四套生油层（E_3、N_1、N_2^1、N_2^2）中除 N_2^2 无初次运移条件以外，其余三套生油层均有异常压实带相伴生，具备了促使烃类运移的有效动力，异常高压带出现的顶界层位，由边缘向中心依次变新。如咸水泉西端、七个泉、红柳泉、阿拉尔、跃进二号一带，主要压力异常始自下干柴沟组（E_3）地层；红沟子、咸水泉东端、干柴沟、狮子沟、油砂山及尕斯库勒油田东部、跃东、跃进三号等地区，主要压力异常始于上干柴沟组（N_1）地层；小梁山、南翼山、油泉子、北乌斯以东广大地区内压力异常出现于下油砂山组（N_2^1），其中风 3 井、旱 2 井所在地区欠压实带的初始层变浅为上油砂山组（N_2^2）。位于该区北部的尖顶山、碱山一带有迹象表明，压力异常层位又变老为上干柴沟组（N_1）。由盆地含油层段的异常压力情况分析，存在有向盆地中心层位变新的趋势。除上述主要异常压实段外，在茫崖坳陷部分井的 $N_1 \sim N_2^1$ 层段中尚有局部微弱异常出现。

成熟生油带（区）中异常高压可促使其中的流体、烃类向外排出，排出方向往往以上排为主，因而油气往往储集在异常压实带之上混合压实带之中，如加拿大马更些(Mackenzie）三角洲地区，据统计有 90%以上油气赋存在混合压实带内；在墨西哥湾盆地内，绝大部分工业性油气藏分布在异常压实带（欠压实带）之上，而多数分布于混合压实带（过渡带）内；松辽盆地混合压实带主要发育在包括泉二、嫩二段之间地层中，也正是中部及下部含油组合的分布段；柴达木盆地茫崖坳陷边部地区一些 N_1 上段、N_2^1 下段的砂岩油藏，如狮子沟、花土沟、游园沟、油砂山、尕斯库勒浅部、咸水泉油藏等也位于混合压实带内，从而表明超静压分布带与油气聚集和分布紧密相关，是油气形成、排出、聚集分布的一个极其重要的控制因素。

油气初次运移的方向，并不都是向上排替的，还存在向下排替的理论根据和客观事实。据研究，压实流以向上排替为主，向上和向下排替的界限大约靠近层上端的 2／3 处，赵学平从史密斯（Smith）等建立的泥岩超静水压力梯度与孔隙度、渗透率和流体粘度的微分方程出发，把泥岩压实当做埋深和时间二维函数来研究，以声波参数为基础，定量地导出了超静水压力驱动下压实流的流速、流量和流动系数计算公式，以黄骅坳陷为对象，分别对盆地边部、中心区垂向层序的超静压分布特征和分阶段排替能力（排液量、排烃量）、方向等进行了研究，其中有些认识也符合柴达木盆地茫崖坳陷的实际情况。如处于沉积盆地不同部

位、不同沉积类型泥岩的压实流排替压力和优势排替方向都有很大不同：处于边部反韵律泥岩的压实流的，排替方向以上行为主，排替能力大于盆地中心正韵律泥岩的排替能力；正韵律的排替方向以下行为主，向上总排液量远小于向下的排液量。

茫崖凹陷和尕斯断陷，由盆地边部至中心区（坳陷中心区）可分为三部分。即边部区、过渡带、中心区。各部分的韵律特征及排烃方式如下：

(1) 边部区（尕斯断陷区） 第三系由正反两种韵律组成，异常高压带集中于第三系纵向层序的中下段 N_1 底～E_3 中，优势排烃方向应向下，目前所发现的几个油田（藏），均聚集于生油层下方的储集层内如红柳泉、砂西、尕斯库勒、跃东含油构造、跃进二号东高点内。除尕斯库勒及跃进二号东高点以外，生油层上方显示均很差，未发现工业性油气聚集段。

(2) 过渡带 位于边部区与中心区之间，韵律特征与边部区相同，浅部优势排烃方向向上，目前所发现的浅油藏均位于生油层段上方储集层内，如狮子沟、花土沟、游园沟、尕斯库勒浅油藏以及咸水泉油田 N_2^1 下部～N_1 上部砂岩含油层。

(3) 中心区 为正韵律泥岩分布区，主要由含钙泥岩、泥质碳酸盐岩组成，夹薄砂层和薄砂条，排替能力差，目前在浅部和中深部所发现的薄砂层、砂岩透镜体含油层、裂缝性含油层均位于异常高压带内，属"自生自储"类型。异常高压带很可能是导致大量微裂缝产生的重要因素之一，对裂缝性油气藏的形成起了重要作用。

第三节 油气藏分布特征

截止目前，在柴达木盆地内共发现七套含油层系赋存于中侏罗统、上侏罗统、古始新统、渐新统、中新统、上新统以及第四系中下更新统内。具有层位多、时代长的特点，其中第四系工业含气层的出现，在国内大型沉积盆地中确属罕见。盆地内油气分布的范围也比较广，北缘自尖顶山油田至冷湖三号延至鱼卡油田；南缘及中部自跃进二号至盐湖气田，在3.4万平方公里范围内均有油气田（藏）分布。

柴达木盆地油气藏的分布特征，总体受控于构造发展史和地层时代各异的三个沉积坳陷（或断陷）区，在生油气区内及其周缘正向构造带的各类型圈闭，即为油气运移的指向和

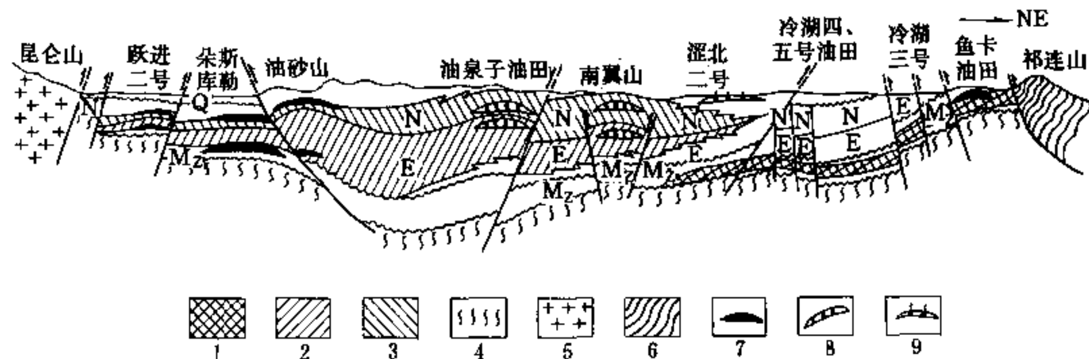


图 1-9-19 柴达木盆地油藏模式图

1—侏罗系内生油层分布段；2—下第三系内生油层分布段；3—上第三系内生油层分布段；4—基岩；5—花岗岩；6—变质岩；7—砂质岩储集层的油藏；8—缝洞性储集层的油藏；9—第四系气田

聚集场所（图 1-9-19）。整个盆地由其基底性质和演化发展历史决定了北缘块断带局部沉积了以沼泽浅湖相为主的中侏罗统生油岩；西部茫崖坳陷存在着巨厚的第三纪生油岩系；而盆地东部的三湖新坳陷在近 2 万平方公里的面积内沉积了厚达 1600 米左右的第四系生气层，为盆地三个油气区的存在提供了资源依据。

一、盆地西部茫崖坳陷区

第三纪古、始新世末，茫崖区在阿尔金断裂和昆北断裂所夹持的复合下降作用下，沉积了巨厚的渐新统至早期上新统的坳陷型湖相生油层。经测算，其石油资源量可占全盆地的 80%，目前本区已发现油气田 13 个，可占全盆地油气田总数的 76%，其地质储量可占全盆地已发现总储量的 90%以上。油气藏一般均分布于生油坳陷内的北西向背斜构造高部位，特别以沉积了渐新统到中新统主力生油层的英雄岭生油凹陷周缘最为密集，明显地反映了主要生油凹陷在总体上对油气藏分布的控制。但在该生油凹陷西端的阿尔金斜坡区，由于后期隆升过高，构造一般呈向东南倾没的鼻状圈闭，其西北端因抬起而将储油层暴露地表，致使油藏被破坏，地面油砂厚度可达 150～500 米。如干柴沟、咸水泉石油沟高点和阿哈堤等构造。

英雄岭生油凹陷南缘，渐新统下部（E_3^1）和中新统上部到上新统下部（N_1^2～N_2^1）隶属于昆仑水系的河流相沉积，发育着较好的砂质储集层，恰与渐新统上部（E_3^2）和早、中期中新统的主力生油层配置，形成了以构造为主控因素，砂质岩为储集层的深、浅复合油气藏，其富集程度和规模，又受圈闭大小、形成先后、生储层接触方式、运移和后期保存条件所制约。如尕斯库勒、油砂山和花土沟等油气田即为明显的实例。

英雄岭生油凹陷北缘的广大地区，位处盆地中心，沉积有巨厚的多套生油岩系。在晚期喜山褶皱期，形成了成排成带的北西西相长轴背斜，但由于远离物源区，缺乏较好的砂质储集岩，为此本区所发现的油泉子、咸水泉华岩山高点、开特米里克和南翼山等油气田，都受背斜高点的控制、油气仅作近距离运移的、"自生自储式"的泥灰岩和钙质泥岩缝、洞性油气藏。在靠近盆地北缘的尖顶山油田，生油层段由于存在相对较多的薄层细砂岩和粉砂岩，即可形成背斜控制的缝、洞和砂岩透镜体并重的油气藏。

由钻探和生油层研究表明：茫崖坳陷生油层存在由西向东变薄和质量变差的明显趋势。因而英雄岭生油凹陷东缘，目前仅在茫崖、土林沟、油墩子和大风山等构造见到油气显示或少量油气流。

二、盆地北缘块断带

北缘块断带指西起鄂博梁构造带，东至埃姆尼克山，包括冷湖构造带和南八仙、北极星在内的祁连山以南狭长地带。该区在整个发展历史过程中，仅在中、早侏罗世在相对较大的断陷内局部沉积了少量沼泽—浅湖相暗色泥岩。中侏罗统的 J_2^4、J_2^5 和 J_2^7 为该区唯一的生油岩系，目前已探明在冷湖、鱼卡断陷均有分布，但分布面积仅 1200 平方公里和 400 平方公里，生油岩厚度也仅 350 米和 100 米左右。在鱼卡生油断陷以东库尔雷克山南侧的红山断陷内，近年在红山二号构造的红色白垩系中见到了较好的油砂，预测该区局部存在中侏罗统生油断陷的可能。现已发现分布于冷湖生油断陷正向构造带上的冷湖三号、四号和五号油田，由于喜山晚期运动对前期构造的改造，除冷湖三号为一第三系不整合遮挡的侏罗系原生断块油藏外，冷湖四号和五号油田由于后期通过断裂的再次运移和富集，形成了第三系次生断块油藏。鱼卡侏罗系背斜油气藏分布于鱼卡断陷，这些都明显反映了生油断陷对油气藏的严格

控制。

三、盆地东部的三湖新坳陷区

第三纪末期，随着盆地西部的逐步抬升，盆地东部逐渐转化为沉积中心。进入第四纪后，沉积速度尤快，在短短的二百多万年内，沉积了厚达3200多米的Q_{1+2}地层，其上部近于1600米的暗色泥质岩即为本区的生气岩系。生气岩分布于达布逊湖、涩聂湖和台吉乃尔湖为中心的近20000平方公里面积内。目前该区已发现第四纪的气田4个，自西向东为涩北一号、涩北二号、驼峰山及盐湖。其中涩北一号位处生气凹陷中心，其天然气充满程度接近100%（参见表1–9–2），单位面积天然气储量为靠近生气凹陷边缘盐湖气田单位面积天然气储量的三倍多。由此便可清楚地反映出天然气田的分布和富集，亦严格地受控于生气凹陷和生气岩的质量。

表1–9–2　柴达木盆地东部天然气藏数据表

气田名称	构造闭合面积 km²	含气面积 km²	天然气单储系数	天然气充满程度 %
涩北一号		25.94	1.43	100%
涩北二号	51	38.85	1.26	76%
盐　湖	150	5.96	0.3	4%
驼峰山	26.1	0.79	0.66	3%

第十章　油气田地质各论

柴达木盆地根据前中生界基底和中、新生界盖层的沉积构造特征，结合成油条件，可分为茫崖坳陷、北缘断块带、三湖新坳陷三个含油气区。经过30多年来的勘探，全盆地共发现17个油田和5个气田（表1-10-1）。茫崖坳陷是盆地内目前勘探程度较高，油气较富集的地区，在第三系中已发现：尕斯库勒、油砂山、尕东、乌南、花土沟、狮子沟、红柳泉、七个泉、油泉子、南翼山、咸水泉、尖顶山、开特米里克等13个油田，形成一个以第三系为油源的含油气区，占目前盆地探明储量的90%以上。柴达木盆地自1957年以来，先后已开发11个油田：计有冷湖三、四、五号、尖顶山、花土沟、油砂山、油泉子、开特米里克、鱼卡、狮子沟和尕斯库勒油田。目前正式开发和试采生产的有冷湖三、四、五号、花土沟和尕斯库勒等五个油田，尕斯库勒油田是目前柴达木盆地已发现的油田中最大的，含油面积达37.4平方公里。花土沟油田现有注水井46口，年注水22.8万立方米，累计注水213.5万立方米。现将各油气田分别论述于下：

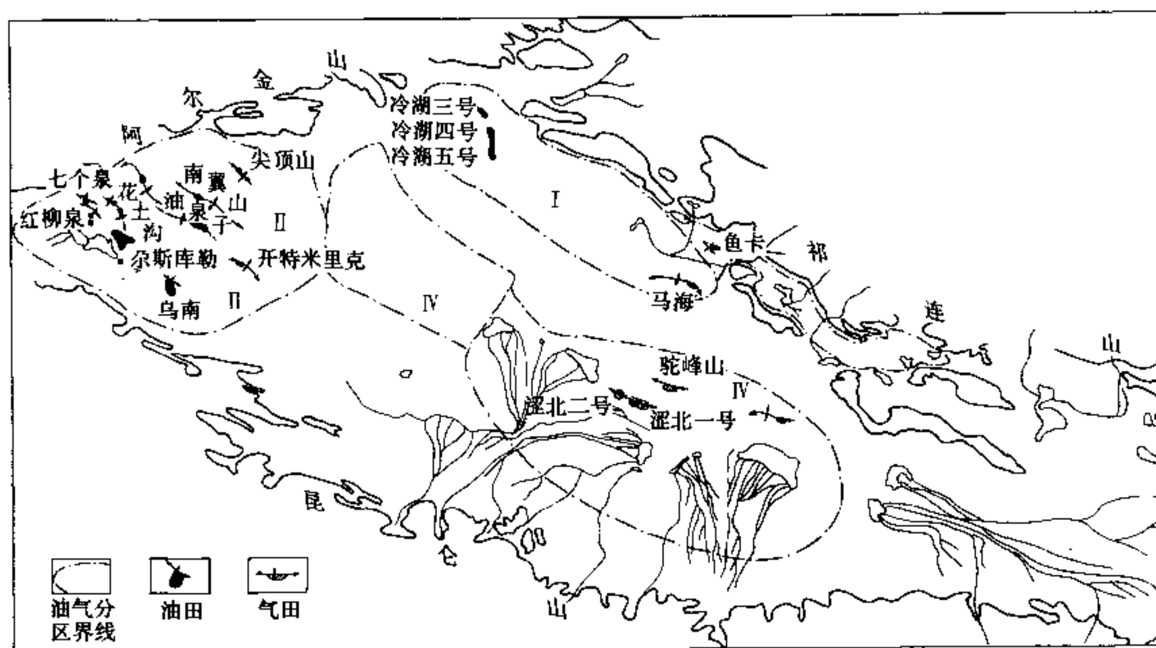


图1-10-1　柴达木盆地油气田分布图

Ⅰ—赛昆地区；Ⅱ—柴西地区；Ⅲ—三湖地区；Ⅳ—里坪地区

表 1-10-1 柴达木盆地油气田简况表

	油气田名称	油藏类型	驱动类型	储集层层位	储集层岩性	储集层深度 m	发现时间
油田	尕斯库勒	背斜构造	弹性驱动	E_3、N_1、N_2^1	砂岩、粉砂岩	3107～3780 2200～2350 1500～1900	1977.10
	花土沟	背斜构造	溶解气驱	N_1、N_2^1	砂岩	320～1380	1958.7
	狮子沟	背斜构造 岩性		N_1	细砂岩、 含砾砂岩	950～1455	1971.9
	冷湖三号	单斜不整合断块		J_2^6	砾状砂岩、 含砾砂岩	500～1200	1959.1
	冷湖四号	背斜构造 及岩性尖灭		E_3	含砾砂岩	350～1200	1957.9
	冷湖五号	断块		N_1	细砂岩	180～900	1958.9
	尖顶山	构造裂缝		N_2^1、N_2^2	泥灰岩、钙质泥岩	100～600	1957.7
	南翼山	构造裂缝		N_2^2	泥灰岩、疙瘩泥岩	250～450	1957.7
	油泉子	构造裂缝		N_2^1、N_2^2	泥灰岩、钙质泥岩	100～600	1955.11
	开特米里克	构造裂缝		N_2^2	泥灰岩	50～300	1957.5
	咸水泉	地层-岩性 构造裂缝		N_1、N_2^1	泥灰岩、粉砂岩	700～900 500～700	1966.5
	油砂山	背斜构造		N_1、N_2^1	砂岩、含砾砂岩	100～700	1957.5
	七个泉	岩性尖灭 构造		E_3、N_2^3	砾岩、砾状砂岩	450～1100	1958.5
	跃进二号 东高点	背斜构造		E_3	砂岩	900～1900	1986.7
	红柳泉	背斜构造		N_1、E_3	砂岩、粉砂岩	2842～3200	1980.10
	乌南	断鼻构造		N_2^1	粉砂岩	1000～3800	1984.6
	鱼卡	背斜构造 岩性	重力驱动	J_3^1	砂岩	120～450	1959.3
气田	涩北一号	背斜构造	气压驱动	Q_{1+2}	粉砂岩	850～1400	1964.10
	涩北二号	背斜构造		Q_{1+2}	粉砂岩	700～1350	1975.9
	盐湖	背斜构造		Q_{1+2}	粉砂岩	80～300	1958.7
	驼峰山	背斜构造		Q_{1+2}	粉砂岩	750～800	1976.5
	马海	地层超覆不整合、构造		K_2、E_{1+2}、E_3	细砂岩	450～570	1958.3

第一节　尕斯库勒油田

尕斯库勒油田位于柴达木盆地西部尕斯库勒湖东畔，属茫崖坳陷尕斯断陷，地处狮子沟—油砂山大逆掩断层下盘。大逆掩断层上盘浅部为油砂山油田；下盘中深部为尕斯库勒中浅油藏；深部为 E_3^1 油藏。油田地质特征良好，储量丰富，是盆地内目前具有工业开采价值的最大油田。

1958 年地震发现尕斯库勒潜伏构造，1977 年 6 月在构造主体部位跃参 1 井，射开 N_1 顶部含油层位 2254.0～2447.2 米井段，22 毫米油嘴间隙自喷 4 小时，初产油 22.8 立方米，随后在本井以北 1 公里处钻深 1 井，当钻至井深 3075 米时进入下部渐新统（E_3^1）红色层段不及 30 米后即发生井涌和井喷，继续钻进至 3253.0 米，终因再次发生严重井喷而采用钻杆完井，畅喷日产油高达 800 余吨（估算），试油用 14 毫米油嘴日产油 405 吨，从而发现了这个含油丰富、单井产能高的尕斯库勒油田。

一、油田地质概况

（1）地层层序　尕斯库勒油田自上而下，共划分为七套地层，即第四系全新统—更新统七个泉组（Q_{1+2}），上新统狮子沟组（N_2^3），上油砂山组（N_2^2），下油砂山组（N_2^1），中新统上干柴沟组（N_1）、渐新统下干柴沟组（E_3）和古、始新统路乐河组（E_{1+2}）。E_{1+2} 地层覆盖在花岗岩基岩之上（表 1–10–2）。

（2）含油岩系　尕斯库勒油田的主要生油层为 N_1 中下部和 E_3^2 地层，其岩性为暗色泥质岩及泥灰岩。在生油层的下部为 E_3^1 油藏，其储集层为 E_3^1 地层，属"上生下储式"；在生油层的上部为中浅油藏，其储集层为 N_1、N_2^1、N_2^2 地层，属"下生上储式"。在各储集层以上有着良好的泥质岩盖层。

（3）沉积类型　柴达木盆地西部地区的沉积类型，主要是河流—湖泊相沉积。尕斯库勒 E_3^1 油藏储油岩系是水上三角洲分流河道沉积；中浅油藏的储油岩系是冲积扇前河道沉积。

二、尕斯库勒油田 E_3^1 油藏

1.圈闭

尕斯库勒 E_3^1 油藏为一轴向近南北、北端略向西偏的背斜圈闭油藏，同时岩性也有一定的影响。根据 E_3^1 油藏的油层顶部（K_{11} 标准层）构造图的 750 米等高线计算，构造圈闭面积 43 平方公里，闭合高度大于 400 米，构造轴部较为平坦，两翼不对称，西陡东缓，在西翼外围，有一平行于轴线的东倾逆断层（图 1–9–1）。E_3^1 油藏构造主体部位比较完整，断层较少，只有 3 条逆断层和 1 条正断层，逆断层都分布在构造的边缘，断距下大上小，断层倾角较陡，断距最大的第Ⅺ号断层为 686 米。

2.储集层

尕斯库勒 E_3^1 油藏的油层层理不明显，垂向上岩性变化不大，砂岩单层厚度一般为 3～5 米。E_3^1 油藏的油层岩性主要为细砂岩，其次为粉砂岩、中砂岩。E_3^1 油藏底部油层主要为砾岩、含砾砂岩。碎屑含量占 60～80%，胶结物含量占 20～40%，碎屑矿物成分主要为石英、长石、岩块次之。胶结物的矿物成分主要为铁土质、次生方解石、硬石膏。胶结类型以孔隙基底式为主，其次为接触式胶结。油层岩石属硬砂质长石砂岩或硬砂质长石石英砂岩。

（1）层组划分　尕斯库勒 E_3^1 油藏的油层是一套水上三角洲分流河道相沉积，在剖面上具有明显正旋回的特点。根据实践总结出层组划分和对比方法为"标准层控制含油层段，沉

表 1-10-2　尕斯库勒油田地层层序表

地层层序				一般视厚度 m	标准层	主要岩性特征
系	统	组	符号			
第四系	全新统 更新统	七个泉组	Q_1+Q_2	700	地面～K_1	上部：以白色岩盐为主，夹石膏、芒硝、黑色软泥及棕黄色、灰白色流砂层 下部：以成岩性很差的土黄色粘土层为主，夹棕黄色杂乱沉积的砂层和砾石层，与下部狮子沟组不整合
上第三系	上新统	狮子沟组	N_2^3	366	K_1—K_2	以土黄色、浅棕色砂质泥岩为主，夹棕黄色砂砾岩，中部夹黑色碳质泥岩，与下部上油砂山组不整合
		上油砂山组	N_2^2	504	K_2—K_3	以浅棕红色、棕黄色砂质泥岩与砾岩、砾状砂岩及棕灰色粉细砂岩互层为主，夹少量灰色钙质泥岩，是中浅油藏目的层之一
		下油砂山组	N_2^1	553	K_3—K_5	以棕红色砂质泥岩和棕褐色泥岩为主，夹棕灰色细砂岩和砾状砂岩，下部夹零星灰绿色泥岩和杂色泥岩。N_2^1是中浅油藏的主要目的层
	中新统	上干柴沟组	N_1	644	K_5—K_8	上部，以棕红色砂质泥岩和棕色泥岩为主，夹棕黄色砾岩、灰白色、棕黄色细砂岩、棕灰色粉岩和灰绿色钙质泥岩，此部为中浅油藏的主要目的层 中下部，以棕褐色、深灰色、灰色、灰黑色钙质泥岩为主，夹棕黄色、棕灰色粉细砂岩及灰白色泥灰岩，此部为主要生油层之一
下第三系	渐新统	下干柴沟组（上部）	E_3^2	571	K_8—K_{11}	以灰及深灰色钙质泥岩为主，夹深灰色泥岩和灰、灰黄色砂质泥岩及灰色粉砂岩、泥灰岩，E_3^2是主要油层
		下干柴沟组（下部）	E_3^1	250	K_{11}—K_{12}	以暗绿色、暗棕色泥岩为主，夹褐色、黑褐色细粉砂岩、棕红、暗棕色砂质泥岩、深灰色钙质泥岩及杂色泥岩深褐色砾岩。E_3^1是本油田深油藏异常高压、高产含油层
	古始新统	路乐河组	E_{1+2}	540		以棕红、棕褐色泥岩、砂质泥岩为主，夹棕红、棕褐色粉砂岩和蓝灰色钙质泥岩含砾、泥岩
基岩						下伏基岩揭露的顶部岩性为细晶岩、花岗片麻岩、辉绿岩等

积旋回划分油层组、砂层组，沉积韵律划分小层"。E_3^1油藏的油层埋深3107~3780米，顶底部使用两个标准层（K_{11}、K_{12}）控制油层井段，油层分布一般长200米左右，根据沉积旋回及韵律特征，划分为4个油层组、11个砂层组。

（2）厚度、产状及分布　E_3^1油层单层厚度3~5米，层数较多，其中五个小层是油藏的主力油层。除几个主力油层在平面上连片分布外，多数油层呈透镜状或条带状分布。油砂体一般面积较小，最大的油砂体为Ⅳ油层组第17小层29号油砂体，分布面积达15.7平方公里。以油层组为单元，单井平均有效厚度均大于7米。第Ⅰ、Ⅳ油层组的分布面积最大，分别为21.7和10.41平方公里。

（3）隔层　E_3^1油藏各油层组间的隔层，岩性为厚层棕红色泥岩、夹灰色、灰褐色钙质泥岩和钙质粉砂岩、粉砂质泥岩条带，封隔性较好，平均厚度可达20~43米。

3.储集空间

（1）孔隙类型　储集空间主要为砂砾岩孔隙，属于孔隙性储油。

（2）孔隙结构　油层孔隙以次生孔隙为主，原生孔隙为次。孔隙半径分布范围在0.1~25微米，孔喉半径平均值一般为3~4微米，最小可流动的喉道半径为0.6~1.0微米。油层均质系数一般在0.22~0.56，平均为0.39，均质程度偏下。根据毛管压力退汞曲线分析，油层在理想条件下岩心的水驱油效率在50~60%。

（3）孔隙度　平均有效孔隙度15.8%，属中下等。四个油层组中，Ⅰ油组的孔隙度最高（16.6%），Ⅳ油组的孔隙度最低（14.3%）。

（4）渗透率　油层空气渗透率一般为$1\sim400\times10^{-3}$平方微米，全油藏平均空气渗透率为48×10^{-3}平方微米，变异系数0.7，油层非均质程度较严重，有效渗透率26×10^{-3}平方微米。从平均相对渗透率曲线图（图1-10-2）上得知，束缚水含量高，为35%左右。残余油饱和度也高为30%。油层润湿性为亲水性。

4.流体性质

（1）原油性质　原油属低硫石蜡基型。比重0.8416，温度50℃时，地面原油粘度14.7平方毫米／秒，地下原油粘度0.76平方毫米／秒，凝固点34.6℃，含盐量347.58毫克／升，含蜡12.87%，含硫0.189%，原始油气比72立方米／吨，饱和压力11.94兆帕斯卡。

（2）天然气的性质　E_3^1油藏无气顶，也无纯气层，只有原油中的溶解气。天然气比重0.7776，天然气中甲烷占73.48%，乙烷占10.37%，丙烷占7.26%。

（3）油田水性质　油田水为高矿化度的$CaCl_2$型水，总矿化度一般为（16~18）×10^4ppm，比重1.18，pH值6.64，属中偏酸性水。

5.流体分布

油、水分布主要受构造的控制，油水界面深度主要受油层组之控制。全油藏无统一的油水界面，各油层组的含油边界基本上是沿构造等高线分布，一般在海拔-480~-810米，个别砂岩透镜体形成局部的岩性圈闭，但数量很少。原油性质的好坏与所处构造的部位有关，构造高部位原油性质好，较低部位原油性质稍差。在构造低部位的东南部128~145井区，原油性质变差，比重在0.8739~0.8852，地面原油粘度50.5平方毫米／秒以上，为油藏的稠油带。

6.压力与温度

（1）压力　油层中部深度3550米（海拔-620m），压力59.13兆帕斯卡，压力系数1.7。油层中部深度与原始地层压力的关系可用下列公式表示（以第Ⅳ油组为例）：

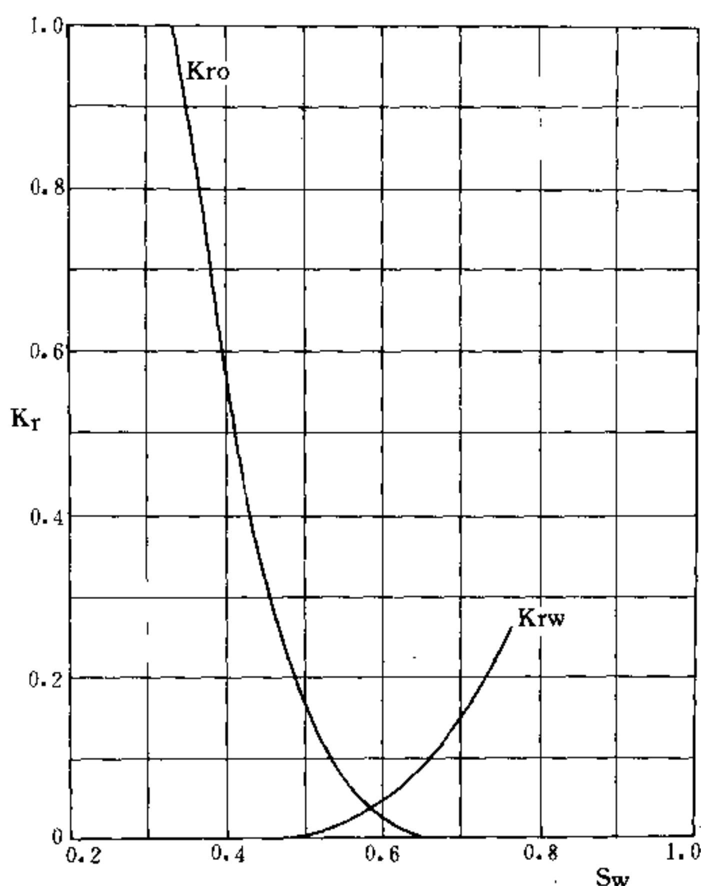


图 1-10-2 尕斯库勒油田 E_3^1 油藏平均相对渗透率曲线

$$P=523.0-0.129H \text{（点数 } n=13,\ r=0.942\text{）}$$

式中 P——地层压力，atm;

H——油层海拔，m。

(2) 油层温度 油层温度比较高，为 115～130℃，地温梯度正常，为 3.44℃／100 米。油层深度与温度的关系可用下列公式表示:

$$T=0.0344H+3.74 \text{（点数 } n=34,\ r=0.990\text{）}$$

式中 T——油层温度，℃;

H——油层深度，m。

以油层中部深度 3550 米代人上式，得油层中部温度 126℃，E_3^1 油藏为异常高温高压油藏。

7.原始驱动能量和驱动类型

油层压力高，饱和压力低，地层饱和压差大，弹性能量比较大，初步测算弹性采收率可达 8.7%，但是，存在着油井弹性产率低，天然水驱能力不足。试采时间比较长的深 9 井，弹性产率为 9609 吨／兆帕；弹性产率较高的深 7 井为 16959 吨／兆帕；大部分井只有 911～3884 吨／兆帕，属于天然水驱能力不足的油藏。

三、尕斯库勒油田中浅油藏

*1.*圈闭

(1) 圈闭类型及构造特征（图 1-10-3） 中浅油藏是在背斜背景下由断层和岩性因素控制的油藏，构造长约 12 公里，宽 5～6 公里，面积约 45 平方公里，浅层构造轴线在南部近南北向，中北部转北西向，构造两翼倾角和闭合度由上而下变大，其圈闭类型可分为以下三类：

1）构造圈闭 所有含油部位都位于构造高处，各断块内的油水边界主要受构造等高线的控制。

2）断层圈闭 背斜构造北部为主要含油区，而各含油区上倾部位均为断层遮挡控制。

3）岩性圈闭 中浅油藏还有一些零星分布的岩性尖灭圈闭的油砂体，只是在少数井钻遇。

(2) 断层 中浅油藏共有 12 条断层，其中逆断层 11 条，正断层 1 条。按断层形成时期划分，早期基岩断裂 3 条，主要分布在构造的边缘，其特点是断距下大上小，断层倾角较陡；晚期发育的表层断裂 9 条，主要分布在构造的北部，其特点是断距上大下小，断层倾角较平缓。按照断层的分割特点，把中浅油藏划分为七个断块，Ⅰ～Ⅴ断块含油，Ⅵ、Ⅶ断块不含油。

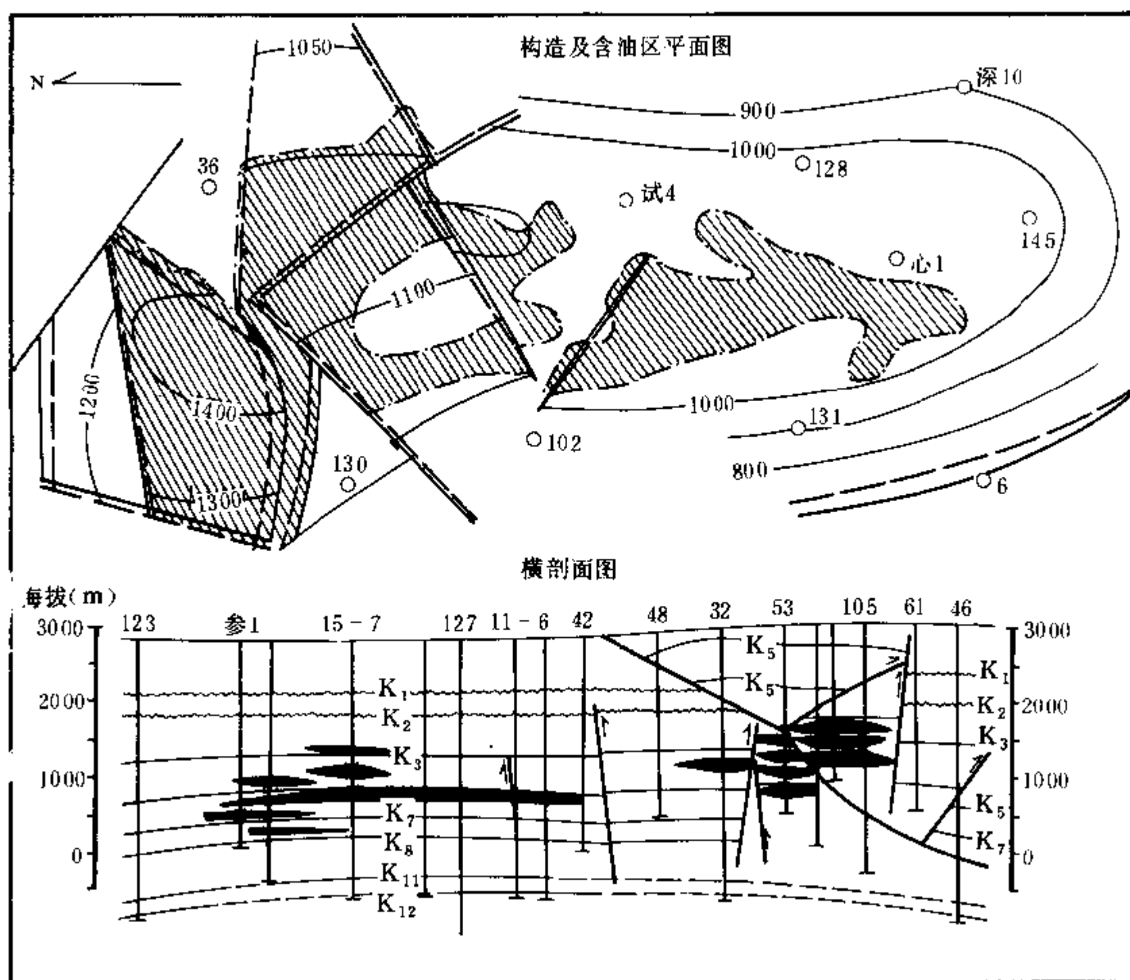


图 1-10-3 尕斯库勒油田中浅油藏构造图及横剖面图

2.储集层

(1) 储集层特征　中浅油藏的含油层位是中新统上部和上新统下部及中部（N_1、N_2^1、N_2^2），岩性为一套灰黑色到棕红色的反旋回碎屑岩沉积，沉积相属于冲积扇前河道不稳定的网状河流相沉积，粒度由下往上由细变粗。储油层岩性，主要为中、细砂岩、砾状砂岩，其次为粉砂岩，碎屑成分占 80%，胶结物含量占 20%。碎屑中的矿物成分，石英占 30～48%，长石占 20～40%，岩屑占 6～20%。胶结物成分以次生方解石和铁土质为主，其次为云母和泥灰质胶结。粘土矿物成分主要是蒙脱石—绿泥石—伊利石，储集层胶结类型以孔隙式为主。

(2) 层组划分　根据电测曲线特征和沉积旋回特征，尕斯库勒油田共确定了 12 个标准层，其中与中浅油藏有关的，有 K_1～K_7 七个标准层，进一步划分了 4 个油层组、27 个砂层组。

(3) 油层分布　中浅油藏在 N_1、N_2^1、N_2^2 地层的四个油层组都见到了油气，但油气分布差异较大，平面上含油主要富集在北部Ⅴ断块，主力油层为 3、16、17、19 四个小层。纵向上断块的含油富集井段也差别较大。如Ⅴ断块，油层主要富集在二、三、四油组。而Ⅰ断块油层主要富集在第四油层组。中浅油藏的埋藏深度一般为 1280～2556 米，含油井段变化很大，从 3.0～668.4 米，油层有效厚度 1.8～139.2 米，平均有效厚度 24.7 米。油层分布规律为由南向北油层层位相对较高，油层层数也相对较多。

3.储集空间

原油性质与下部的 E_3^1 油藏类似。原油比重 0.8499，温度 50℃时，地面原油粘度 14.1 平方毫米／秒，凝固点 35.30℃，含盐量 987.7ppm，含硫量 0.4714%，含蜡量 12.8%，原始油气比 40～64 立方米／吨，原油体积系数 1.18，饱和压力 8.24 兆帕。

(1) 天然气性质　中浅油藏天然气属原油溶解气，没有明显的气层或气顶。其性质类似于 E_3^1 油藏，天然气比重 0.8069，天然气组分中，甲烷占 73.11%，乙烷占 10.30%，丙烷占 8.40%，丁烷占 4.89%。

(2) 油田水性质　为封闭性原生水。油水层间互，除了 N_1 地层水为碳酸氢钠—氯化钙—氯化镁型水外，其余为氯化钙型水。总矿化度一般（10～17）$\times 10^4$ppm，比重 1.10，pH 值 6.6，属中偏酸性水。

1) 孔隙类型　中浅油藏是以原生孔隙为主的孔隙型储油层。

2) 孔隙结构　孔喉半径平均值为 3～9 微米，油层的最小可流动孔喉半径为 0.75 微米，油层均质系数为 0.373～0.479，属于中等水平，水驱油效率在 60～70%之间，基本上是好的。

3) 孔隙度　孔隙度范围在 6～28%，分布较为集中的是 16～20%。

4) 渗透率　中浅油藏各单元（中浅油藏共划分为 9 个单元）的空气渗透率差异很大，变化范围 0.9～5914.3$\times 10^{-3}$ 平方微米，一般为 14.5～1220$\times 10^{-3}$ 平方微米，变异系数 0.672～0.888，油层非均质程度比较严重。

4.压力与温度

油藏压力属正常压力系统，油层原始压力与油层中部海拔高度的关系可用下式表示：

$$P=305.99-0.09768H \quad (\text{点数 } n=18,\ r=0.9553)$$

式中　P——地层压力，atm；

H——油层海拔，m。

油藏中部深度1860米，海拔高度1130米，油藏原始地层压力19.22兆帕；中浅油藏油层温度与E_3^1油藏属于同一温度系统，温度与油层中部深度的关系可用下式表示：

$$T=1.676+0.035D \text{（点数} n=15, r=0.9755\text{）}$$

式中 T——温度，℃；

D——油层中部深度，m。

根据上式计算，中浅油藏温度67℃。

5.尕斯库勒E_3^1油藏开发试验及开发原则

自1978年发现尕斯库勒E_3^1油藏以来，E_3^1油藏中深7、17、19、110井依靠天然能量相继投入了试采。1985年底至1986年初E_3^1油藏试验井组作为一个试验开发区块投入了开发。1986年下半年及1987年初，试采井组二区块投入开发。投产的有7口井。截至1987年4月底，E_3^1油藏已累计产油92万吨。

尕斯库勒油田开发建设原则是：首先开发E_3^1油藏，然后开发中浅油藏，要求在1989年底建成110万吨的原油生产能力，其中E_3^1油藏年产80～85万吨，中浅油藏年产20～25万吨。

6.油田开发程度

1979年地震详查，主要在尕斯库勒构造南部进行，至1981年底共完成测线13条43.86公里，平均每平方公里有测线0.58公里。E_3^1油藏构造主体形态完整，构造闭合面积43平方公里，含油面积37.4平方公里，属于异常高压、高温未饱合油藏。

尕斯库勒中浅油藏共钻探井37口，系统取芯井11口，收获率80.35%，分析样品3962块，进行了各种物性和开发试验分析，取得了一批可靠的分析数据。

第二节 花土沟油田

一、概况

花土沟油田位于柴达木盆地西部尕斯库勒湖北约20公里处，是1954年发现的构造，1958年开始钻探，同年7月23日花2井日喷油113立方米，证实为油田。于1969年开始试采，1980年6月正式投入开发，截止1986年底共钻各类井167口，其中可用于开发井135口，年产油8×10^4吨。在调整方案完成后。有生产井135口，年产油10×10^4吨，至1986年底，花土沟油田累积产油89.68×10^4吨，累积产水6.58×10^4立方米，累积注水76.21×10^4立方米，综合含水10%，采取程度5.8%，采油速度0.5%。

二、构造位置及圈闭

花土沟油田位于茫崖坳陷狮子沟—油砂山构造带狮子沟构造的主高点，构造为一短轴不对称背斜，构造长约6公里，闭合面积18.5平方公里，闭合高度312米，构造轴向为北西30°，西南翼倾角陡60°～90°，东南翼较平缓20°～30°，轴部宽平，大逆断层即由西南翼外围通过，油田在狮子沟大逆断层上盘，断层轴向与构造轴向大体平等，倾向东北，倾角20°～30°，断距可达1795米。在油田高点两侧，发育两组正断层，东南翼为一组西倾正断层，西北翼为一组东倾正断层，走向近南北，断距一般30～50米，最大130～167米，倾角50°～60°以上（图1–9–4）。

三、储集层

油田主要储油层系为第三系上新统下油砂山组（N_2^1）中下部及中新统上干柴沟组

(N_1) 上部的砂岩。油层上界为 K_2 标准层，下限为 K_7 标准层，主要含油井段为 K_3～K_6 以下 80 米，一般长约 670 米。油层埋藏深度 320～1380 米之间，一般顶界深度 500～600 米，底界深度为 1100～1200 米含油面积 5.6 平方公里。单层厚度约有 70%的在 1～2 米间，油砂体延展范围一般 300～800 米；油层分布一般是高点多、翼部少，同一断块内高部位多、低部位少、在主要含油井段内无明显夹层水存在，单个油层的延展范围在 K_5 标准层附近最大。油层岩性物性变化大，非均质程度高，在纵向上是上粗下细，碳酸盐含量、胶结物含量自上而下增加，横向上自北向南岩性变细，胶结物及碳酸盐含量增高。物性的变化纵向上也是自上而下变差，横向上自北向南变差。

四、油藏类型及流体性质

花土沟油田为一"下生上储式"背斜油气田。油藏属同一压力系统，油层压力低，压力系数小，地饱压差小（表 1-10-3）。油层温度在海拔 2100 米即井深 1000 米时地温 39.6℃，地温梯度为 2.75℃ / 100 米。

表 1-10-3

层　系	层系中部海拔 m	原始地层压力 atm	原始饱和压力 atm	地层饱和压差 atm	压力系数
Ⅰ	2531.29	42.0	32.3	9.7	0.6100
Ⅱ	2315.00	65.4	54.6	10.8	0.7560
Ⅲ	2121.16	86.0	74.3	11.7	0.8000

根据油层厚度、油层物性和隔层分布等因素，以 K_4 及 K_5 两标准层为界划分为三个开发层系，分为 27 个砂层组。

五、开发简况

花土沟油田于 1958～1962 年进行试采，共 6 口井生产，生产原油 5.02 万吨，产水 0.17 万立方米。1963～1968 年油田暂闭。1969～1976 年对油田继续进行详探，此期先后在 33 口井上进行了试油、试采，少量井系统试井，并逐步开展压裂、热洗清蜡、化学防蜡等试验工作。在试采中油井一般无自喷能力，全部为抽油生产，试采时一般生产压差在 15～25 大气压之间，产量、压力、动液面下降快，油气比上升快。油层月压降近 1 大气压，油气比上升为原始油气比的两三倍。这些特征基本是溶解气驱驱动类型的标志。1980 年 6 月正式注水投入开发至今。

第三节　冷湖三、四、五号油田

一、概况

冷湖油田位于柴达木盆地北缘，在阿尔金山与祁连山交会处。属青海省海西蒙、藏、哈族自治州冷湖镇管辖。地面海拔 2750 米，油田西为山丘，东为盐碱滩，气候干燥寒冷，年平均温度为 2.6℃。

自 1958 年 9 月 13 日冷湖五号构造一高点南区地中 4 井喷油，日喷油约 800 吨，证实为一具有工业价值的油田后，至 1980 年共钻井 1011 口，先后投入开发三、四、五号三个油

田、六个开发区。Ⅰ、Ⅱ级面积13.26平方公里。基本上采用不规则三角密井网，井距100～150米，靠消耗天然能量强化开采。

二、构造位置及圈闭

冷湖三、四、五号构造带是盆地北缘块断带的二级构造单元，东邻赛什腾断陷、西邻昆特依断陷，整个构造轴线由NW—SE向转为S—N向，又转为NW—SE向，呈反S型。冷湖构造带西侧发育着一组大逆断层组，由87条西倾逆断层组成，纵贯整个断裂带。这组断层地面发育，断距大，而地下断层少，断距小。经地层对比，Ⅳ、Ⅴ号大逆断层上、下两盘第三系厚度没有明显变化，说明这组断裂是第三纪晚期陇山运动之后才形成的后生断裂。冷湖三、四、五号油田的主体部位均位于大逆断层组的下盘。

资料证明，冷湖油田是由多种类型油藏所组成以断块油气藏为主的油气田。

1.构造特征

三号油田位于冷湖构造断裂带西北端，它是一个被断层切割并复杂化的单斜（图1−9−10）。单斜背景清晰，地层走向NW—SE向，自东北向西南呈45°～50°倾斜，油田东西长约4.5公里，南北宽1.4公里，呈条带状分布。单斜上发育着两组断层，东西走向断层以逆断层为主，南北走向断层以正断层为主。油田内侏罗系，第三系（E_{1+2}）及第四系间呈明显的角度不整合接触。侏罗系倾角45°～50°第三系30°，第四系近水平。侏罗系与第三系不整合面大致在石深6井与中22井之间通过，侏罗系曾被剥蚀，第四系直接覆盖在侏罗系上。三号构造以南为四号构造。

四号油田是一个被西倾大逆断层切割的不对称的狭长背斜（图1−9−11）。油田内构造长12公里，宽0.5～1公里，构造北端主高点轴线呈NW向，往南轴线转为近南北向。主高点两翼不对称。以断层上盘计算，闭合高度1800米，闭合面积25平方公里。四号构造南端以狭长的向斜与五号构造相接。

五号油田是一个被大逆断层切割并复杂化的背斜构造高点（图1−9−12）。五号构造长25公里，轴线近南北向。构造上有自北向南依次排列的一、二、三、四高点。四个高点均被大逆断层所切割，将高点分割成上下两盘，以断层上盘计算一、二、三高点闭合面积共25平方公里，最大闭合高度895米。油气主要分布于五号油田Ⅰ高点的下盘。五号构造以南，便是向南位移呈雁行式延展的六号和七号构造。

2.断层

在冷湖三号油田，断层极为发育，油田内有65条断层将油田切割成大小不等的53个断块。东西向的高角度逆断层发生时间早、结束晚、继承性强，南北向的高角度正断层发生晚、结束早、继承性差。

冷湖四、五号油田断层也很发育，油田范围内有不同倾向的正断层28条，其中西倾17条，东倾11条。断层将油田切割成大小不等的23个小断块。油田内发育两组断层，一组是与构造轴线近于平行的NE—SW向断层，主要分布在五号油田。另一组是与构造轴线斜交的NW—SE向断层，主要分布在四号油田。上述断层发生晚，结束也晚，都为后生断裂。

3.圈闭

冷湖油田是一个由多种圈闭因素控制的复杂小断块油田。现分述如下：

冷湖三号油田　断层是油藏的主要圈闭因素，油田南缘及北缘均有二级断层分布，并对油田起明显控制作用，油田在两条主干断层之间呈近东西向的条带状分布，南北向由主干断层派生的油田内部断层，又将油田主体部位分割成层位、含油富集程度以及压力系统截然不

同的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ断块区，构成了以断层控制为主导因素的三号断块油田。控制油气聚集的另一因素是构造位置高低，处于下倾位置的断块，由于相对保存较好，所以油层井段较长。

冷湖四、五号油田　控制油藏的主要圈闭因素是西倾大逆断层，其依据是油田主要分布在大逆断层下盘，形成上下两盘含油的明显差异，油田沿大逆断层呈带状分布。纵向上，靠近大逆断层附近，油层最富集。比较明显的是油层受控于大逆断层以外，还受构造形态和岩性因素的控制。如四号油田中、北区仍保持着背斜形态；四号油田南区和五号油田呈现被断层复杂化的构造形态，说明构造对油田的控制作用；又如四号油田中、北区在背斜构造的背景下，局部岩性变化对油藏仍起一定的控制作用，该区860个油砂体，有半数以上沿上倾尖灭而形成油藏即可说明这一事实。

三、储集层

冷湖油田有三套储油层。三号油田为中侏罗统的 J_2^6 含砾砂岩、砾状砂岩。四号油田中、北区为第三系（E_3）粗-中粒砂岩。四号油田南区及五号油田为第三系（N_1）中—细砂岩。岩性自北向南由粗变细，储集层位由老变新。

1.油层组的划分

冷湖油田油层组划分的基本方法是标准层控制油层井段，沉积旋回划分油层组，次一级沉积旋回划分砂层组，沉积韵律划分小层，确定标准层的原则是岩性、电性有明显特征，易于识别；岩性、厚度变化小，分布范围广，易于追踪对比，在标准层控制之下，对具有一定特殊标志，岩性、厚度又相对稳定的层确定为辅助标准层，用于控制局部区块油层变化。三号油田标准层11个，辅助标准层5个；四号油田中、北区标准层8个；四号油田南区和五号油田标准层6个，辅助标准层4个。

冷湖油田的三套储油层系沉积旋回明显。其底部为含砾、砾状砂岩，向上由粗变细，顶部变为泥岩。这一特点全油田广泛存在，可追踪对比，用此规律一个大旋回确定为一个油层组。如五号油田南区确定的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ油层组。一个大旋回包括几个次一级旋回，利用这个规律又将一个油层组划分为几个砂层组，如五号油田南区Ⅰ油层组，即包括Ⅷ、Ⅸ两个砂层组。每个次一级沉积旋回又由数个砂、泥岩沉积韵律组成。然后经小层对比确定油砂体，如三号油田确定为244个油砂体，四号油田中、北区下盘油砂体860个，五号油田南区841个。油砂体的主要特点是个体小、延展差；另一特点是物性差，横向变化大，油砂体延伸方向与沉积方向基本一致。

2.油层分布特点

油层纵向分布上有浅、薄、多、散、杂五个特点；油层横向分布上，总的特点是油层层位自北向南依次抬高，油层富集程度由北向南由差变好。

三号油田油层集中在Ⅱ、Ⅲ断块区；其储量占全油田储量的97%，自Ⅲ断块向西仅有零星浅油藏分布。向东的Ⅰ断块区几乎没有油层，不具工业油流；四号油田中、北区油层分布上具有南好北差，西多东少的分布规律。中区岩性物性较好，砂层发育，油层富集，有效厚度12.5米，单储系数11.7万吨／米·平方公里。北区岩性、物性差，有效厚度7.7米，单储系数9.7万吨／米·平方公里；四号油田南区及五号油田，油层富集程度有自北向南由差变好的趋势，单储系数由10.7～11.4～11.9万吨／米·平方公里。一般是靠近大逆断层的构造高部位油层较富集，远离大逆断层构造低部位的油层富集程度较差。

3.储集层岩性

三号油田储集层为中侏罗统（J_2^6）浅红色砾状砂岩、含砾砂岩。砂岩中含胶结物

20%，胶结物主要成分为泥土质，含量15%，其次为方解石，胶结类型以孔隙胶结为主，其次为接触胶结、基底胶结。

四号油田中、北区储集层为一套第三系渐新统（E_3）浅红、棕色中—粗粒长石砂岩夹砾状砂岩成分以长石为主，含量60%，其次为石英及少量变质岩屑，含量25%。胶结物含量15%，主要成分为方解石含量10%，其次为铁土质，胶结类型以孔隙胶结为主，次为接触胶结和基底胶结。砂岩交错层理、斜层理发育，并在层的顶、底见冲刷充填构造。

四号油田南区和五号油田储集层以第三系中新统下部（N_1）浅红色中—细粒砂岩为主，夹砾状砂岩、含砾砂岩，砾石以变质岩屑为主，次为石英、长石。胶结物含量15%左右，主要为方解石，其次为铁土质。胶结类型以孔隙胶结为主，其次为接触式及基底胶结。常见斜层理及交错层理。

4.油层储集空间

冷湖油田J_2^6、E_3、N_1三套储集层均为砂砾岩孔隙型。三号油田J_2^6的岩芯经电镜扫描，发现孔隙以次生孔隙为主。次生孔隙有两种：一是长石及胶结物在化学作用下，部分或大部分被溶蚀而形成溶蚀孔隙，二是碎屑颗粒破碎，粘土矿物重结晶收缩或泥岩经压实重结晶而形成的裂隙。油层孔隙分布不均匀，毛管压力曲线为近45°的斜直线，说明油层孔隙大小分布很不均匀，油层均质系数一般为0.009～0.494，平均0.122。与其他油田相比，J_2^6的油层均质程度最差，油层孔隙以小孔隙为主，排驱压力P_T变化范围0.215～41大气压，平均4.7大气压。孔隙半径中值r_{50}变化范围是0.0306～1.6304微米，平均0.3943微米。最大连通孔喉半径变化范围0.1829～34.8837微米，平均1.9微米，说明J_2^6油层孔隙小，储油性能很差。冷湖油田的油层具有物性差、非均质程度高的特点；油层孔隙度一般在13～22.7%，空气渗透率50～300×-10^{-3}平方微米，渗透率变异系数0.762～0.869。油层孔隙度、渗透率有自北向南（三号～五号油田南区）由低变高的趋势。

四、流体性质

(1) 原油　冷湖原油性较质好。比重小（0.8042～0.8170），粘度低（50℃时1.46～9.17×10^{-4}帕秒,）凝固点低（-2℃～-9℃），含汽油量高（14～48%）；地下原油比重（0.6936～0.7690），粘度（0.25～3.9×10^{-4}帕秒），体积系数（1.1494—1.4141），压缩系数（13^{11}×10^{-5}～23×10^{-5}）。

(2) 天然气　主要为原油中溶解气，个别油井有气层气。原始油气比46.9～180.6立方米／吨，目前生产油气比319立方米／吨。天然气比重0.62～0.76，主要成分为甲烷（73～87%），其次为乙烷（5～13%）、丙烷（3～7%），其他，如N_2、SO_2含量较少。

(3) 油田水　具有色微黄—透明、味咸苦、比重1.03左右，pH值7.3～7.8、中—偏碱性。主要含钠（Na^+）、钙（Ca^{++}）、镁（Mg^{++}）阳离子及氯（Cl^-）、碘（I^-）阴离子。均属$CaCl_2$型油田水，总矿化度差异大，三号油田总矿化度11000～60000毫克／升，四、五号油田35000毫克／升。纵向上，总矿化度有自深至浅油低变高的趋势。

五、流体分布

油水分布受断层、构造和岩性的控制，油气一般聚集于靠近西倾大逆断层的构造高部位，个别区块如四号油田中北区出现上水下油的油水关系倒置现象，主要原因是砂岩体在横向上的岩性、物性变化而造成。冷湖四、五号油田也经常见到油水层间互现象；每个小层的油水界面分布参差不齐，没有统一的油水界面。

六、油层压力及温度

冷湖油田油层原始压力较低为51.4～90.4大气压（5.042～8.868MPa），油层深度270～1200米，油层中部海拔1984～2223米。由于油层埋藏较浅，受断层切割严重，保存条件差，压力系数低（三号油田1.02；四号油田中北区1.16；五号油田南区0.98）属于正常压力油藏。从生产过程看，油井刚投产时，一般具有自喷能力，但自喷期短，从1～2天到三个月左右。油层温度在三号油田Ⅱ断块区23℃／2003米（海拔）；Ⅲ断块区19.9℃／2153米（海拔）；四号油田25℃／2040米（海拔）；五号油田22℃／2080米（海拔）；基本上都属于正常温度油藏。

七、原始驱动类型

冷湖油田是一个边水不活跃，弹性能量小，主要靠溶解气驱的油田。由于受断层、岩性变化影响，边水不活跃，在油田13平方公里范围内，仅局部见到边水，且边水能量不大。开发初期，四号油田中区的476井射开水层，日产水仅4.2立方米，470井射开水层仅产水2.8立方米／日。油田弹性能量小，主要由于地饱压差小，所以弹性产率也很低，主要靠溶解气驱动（表1-10-4）。

表1-10-4

油　田	原始压力 MPa	饱和压力 MPa	地层饱和压差 MPa
三　号	7.348～8.868	7.240～8.584	0.108～0.284
四　号	7.367～8.633	6.622～7.358	0.745～1.275
五　号	5.042～7.729	4.434～5.592	0.608～2.137

综上所述，可以看出，冷湖油田是一个由多种圈闭因素控制的，油层具有“浅、薄、多、散、杂”的特点，并且是主要靠溶解气驱动，高饱和压力的复杂小断块油田。因此开发好这样的油田，难度很大。

八、开发简况

冷湖油田自1958年9月13日投入开发至现在，共钻井1011口，其中下套管井764口，先后投入三个油田共六个开发区及次一级的29个断块开发单元组成，每个断块的地质特征、开发经历、开采特点又各有差异，共动用Ⅰ+Ⅱ级含油面积13.26平方公里，采用不规则三角形的密井网、不分层系的开采方法（三号油田井距125米；四号油田100～150米；五号油田100～125米）。油田自开发以来主要靠天然能量强化开采。其特点是原油产量、采油速度逐年下降，油气比逐年上升，含水率随开采程度增大而上升。在利用天然能量开采中，采取加密井网、断块接替、压裂、酸化、油井大修、加强油井管理，使年最高原油生产水平达到24.2万吨；先后投产531口油井，累计产油216.239万吨，累计产水1164.2311万立方米，累计产气70206.39万立方米。冷湖油田于1961年开始试注水，1974年全油田转入正式注水开发，1985年全部停止注水。注水井共计61口。目前油田开发已处开发后期，维持生产阶段。

冷湖油田开发大致可分为四个阶段，即弹性能量开采阶段、溶解气驱开采阶段、注水开发阶段和开发后期阶段。

冷湖三、四、五号油田由于弹性能量小，弹性驱动时间短，从这三个油田比较而论，四

号油田弹性驱动能量最大，五号油田次之，三号油田最小，所以油田一开发很快就进入了溶解气驱阶段。溶解气驱阶段经历时间最长，已开发的六个开发区，除注水6～10年外，基本为溶解气驱阶段。这个阶段的特点是压力下降快，如四、五号油田年平均压降0.134兆帕；油气比明显上升，产量下降幅度大，溶解气驱产率低，采油速度低、采出程度低。

为扭转冷湖油田开发的被动局面，1974年9月首先在四号油田中、北区下盘注水，先后共动用Ⅰ+Ⅱ级含油面积5.38平方公里，绝大多数井使用分层注水。从注水效果分析，通过注水有部分开发井可以提高7～10%的采收率。但从全油田看，注水开发效果不大，压力没有全面稳定回升，产能没有得到恢复的重要原因是注水有效利用率低。

从1983年起，冷湖油田进入开发后期阶段，仍然靠消耗天然能量开采，其主要开采特征是油田压力低、产能低、含水比高。

为了维持油田生产，自1983年开始采用的措施有：蒸汽驱油试验，1983～1984年共试验21井次，增产原油715吨，这项试验施工简单、成本低，效果以五号油田南区最明显；另外采用射孔、压裂、大修，及向油层挤注高温活性地层水等措施，增产近千吨。

第四节 其它油田

一、尖顶山油田

尖顶山油田位于茫崖坳陷阿尔金北斜坡带上，为一穹窿状背斜（图1–9–9）。构造长轴18公里，短轴7.8公里，闭合面积32.3平方公里，闭合高度760米。构造上下符合，有南北两个高点，北高点为主高点，构造高点地面断裂发育，主要有八条高角度东倾正断层，走向150°左右。断距一般为10～30米，最大者40米。含油层系为第三系中部上新统上油砂山组（N_2^2）中下部，下部上新统下油砂山组（N_2^1）上中部，岩性为大套泥质岩夹薄层泥灰岩、钙质泥岩和少量薄砂层、砂条。泥灰岩中的砂条，薄砂层为浅油藏的主要储集类型，占储量的70.6%，各类岩层中缝缝洞洞广泛发育，约有一半含油，并与含油砂条、砂层串通。含油面积3.1平方公里，油藏井深100～600米，含油井段长500米左右，原油比重0.8329。

自1957年发现该构造以来，共钻井89口，其中未下套管井29口，具有工业产能井42口，探明Ⅰ+Ⅱ级面积3.06平方公里。1959年至1969年油田断续试采。1976年8月后为确保冷湖地区近期稳产原油加工和工业产值任务的完成，正式投入开发生产。1980年采油井28口，产油1.0956万吨，产水13.35万立方米，综合含水91%，采油速度0.31%，累计采油8.05万吨，累计产水35.66万立方米，采出程度2.31%。油井多为筛管完井，为抽油生产，除热洗清蜡、检泵、加强油井管理维持正常生产外，未进行其它增产措施。尖顶山油田历年开发情况可参见表1–10–5。

二、南翼山油田

南翼山油田位于茫崖坳陷西北部，地面构造为一大而平缓的箱状背斜。构造闭合面积158.1平方公里，闭合高度820米。地面出露最老地层为上新统中部，在构造顶部出露94米。轴部在20～25平方公里范围内有油苗显示（图1–9–6）。

南翼山油田是在1955年发现的构造，1956年进行1∶25000细测，1957年钻地质井地中1井获工业油流。1957～1959年共钻井44口，其中探井、地质井39口，生产井、试验

表 1-10-5　尖顶山油田历年采油综合数据表

年　度	开井数 口	日产水平 t	年产油 t	累计产油 $10^4\times t$	年产水 m^3	累计产水 $10^4\times m^3$	综合含水 %	年采油速度 %	采出程度 %
1959			306		374	0.037		0.01	0.01
1966	18		4041	0.43	5996	0.64		0.12	0.12
1967	27		8501	1.28	5152	1.15		0.24	0.36
1968	15		5114	1.80	2538	1.41		0.15	0.51
1969	13		2697	2.07	1438	1.55		0.08	0.59
1976	21	74.1	5877	2.65	5152	2.07	28	0.17	0.76
1977	22	43.4	15774	4.23	34473	5.52	64	0.45	1.21
1978	21	46.5	14190	5.65	71136	12.63	82	0.41	1.62
1979	27	36.6	13065	6.96	96892	22.32	86	0.37	1.99
1980	28	30.0	10956	8.05	133482	35.66	91	0.32	2.31

井 5 口，1959 年在 21 口井上进行试采（人工捞油）21 天，单井平均日产油 0.28 吨，共采油 135 吨。1971 年继续进行钻探，到 1976 年前全油田钻井 99 口，其中获工业油流井 41 口，控制Ⅰ+Ⅱ级储油面积 11.4 平方公里。这个油田的储集层属泥灰岩缝洞储油，油层参数较难确定，且无长期试采生产动态资料，储量未能计算。

南翼山油田浅油藏储油层系为上新统上油砂山组（N_2^2）含油面积 7 平方公里，相对集中四个含油层段：K_1～K_2 厚 134 米；K_2～K_3 厚 263.5 米；K_3～K_7 厚 365.5 米；K_7～K_{11} 厚 477 米。浅油层主要集中在 90～500 米井段，均有较好油气显示。储油层类型有五种：

1）裂缝（有垂直、斜交、不规则三种）　以垂直裂缝含油最好，裂缝宽度小于 1 毫米，延伸 1 米左右，浅部比深部发育，高点比翼部发育。

2）溶洞　主要在钙质泥岩、泥灰岩和疙瘩泥灰岩中。溶洞直径一般小于 1 毫米，大的 2～3 毫米，有微裂缝相连通。

3）裂缝与溶洞混合类型　构造作用与溶蚀作用相结合形成。溶洞是储油场所，裂缝可以作为油气的通道。

4）粉砂条薄砂层　粉砂条分布稀疏，厚度最大可达 80 毫米，一般 2～3 毫米，延展一般 10～30 厘米；薄砂层分布于浅层，单层一般厚 45 毫米左右。

5）层面含油　主要分布在 K_7～K_{11} 层段。

南翼山油田中深部油藏的发现是柴达木盆地石油勘探工作的又一突破。由于 1984 年狮子沟构造狮 20 井 E_3 层位的获得高产油气流，为南翼山油田中深层勘探的必要性提供了依据。因此，1985 年初，在南翼山构造顶部及偏西 3.5 公里的轴部各部署较深的南 2 井及南 4 井。当南 2 井于 1985 年 6 月 20 日钻达井深 2960 米时发生井漏，随即见到较好油气显示，经静止堵漏和调整泥浆继续钻达 2981 米后，在泥浆比重为 1.37～1.45 的情况下发生严重井喷（高达 40 米以上），喷出物为大量油气。对落地原油利用挡板法计算结果，日喷轻质原油 724 立方米（原油比重仅 0.7966，其汽油含量 17%、煤油柴油含量合占 54%；轻质油总量

达71%)。该井于6月22日井喷失控着火，8分钟后井架倒塌，直至1986年9月6日利用定向救援井封堵为止历时达一年零两个半月，均为连续自喷状态。这一事实从石油地质角度而论，充分说明南翼山中深部泥质碳酸盐岩裂缝溶洞型储油气层段，蕴藏着十分丰富的油气流。为此，在本井以东轴部又钻探了南6井，相当于南2井井喷层段的井深为3000～3012米，经固井射孔试油结果，用10毫米油嘴日产天然气11万立方米、轻质油25立方米左右，再次证明了南翼山中深部确系具有工业价值的油气藏。因而，从狮子沟构造深层和南翼山构造中深部获得高产油气流的事实，说明茫崖坳陷中区所形成的大部分较晚的新构造，将成为寻找具有裂缝性储集层的特殊油气藏的广阔领域。

三、油泉子油田

油泉子油田位于茫崖坳陷油泉子背斜带西北部，为一不对称的北陡南缓顶部宽平的半箱状构造。该构造于1954年发现，1955年进行1：25000细测，1955年11月在油泉子高点钻第一口探井（深1井，井深为2236.18米)。当钻至360米时井中随即流出原油，从而发现了浅油藏，截止到1966年控制Ⅰ+Ⅱ级面积14.14平方公里。

油泉子构造分东西两高点，西高点为油泉子高点，闭合面积228平方公里，闭合高度为2000米，浅油藏分布于此（见图1-9-8)。含油层系为第三系上新统上下油砂山组（N_2^2、N_2^1)，主要含油井段长500米，井深100～600米左右，600～650米以下为水层段。储油层为泥灰岩，钙质泥岩裂缝含油为主，薄砂层砂条含油次之。向油田西端油18井砂层砂条有增加趋势，但油田西端尚有待进一步勘探。东高点曾钻过黄1井，但未见工业油流。

1957年油泉子油田试采投产，初期单井平均日产油1.8～2.0立方米左右，至1959年6月暂闭时有生产井118口，单井平均日产能降为0.8～1.2立方米左右。试采期间，油田共累积采油22222吨，产水22956立方米。

四、开特米里克油田

开特米里克油田位于茫崖坳陷油泉子背斜带，为一箱状背斜构造。1954年发现构造，1955年进行1：25000细测，1957年钻第一口地质井（地中1井)，获工业油流证实为油田。1957～1959年共钻井195口（其中探井、地质井29口，生产井166口)，探明Ⅰ+Ⅱ级面积1.2平方公里。

开特米里克背斜构造共12个高点，构造面积235平方公里，闭合面积6.9平方公里，闭合高度250米（图1-10-4)。主高点在最西部，闭合面积6.5平方公里，闭合高度250米，构造完整，仅分布一些断距5～50米的小平移断层。构造上节理发育，主高点节理中有地蜡充填，轴部有油浸小沙丘长达300米。油田主高点的储油层为第三系中部上新统(N_2^2)，主要含油井段在井深50～300米，含油井段长100～250米。

开特米里克油田1957年投产，1959年6月暂闭，共产原油6475吨，油田生产井距一般小于100米，具有生产能力（日产油100升以上）的井162口。根据1959年6月末采油资料统计，初期平均单井日产油约1立方米，一至二月后下降为0.5～0.6立方米，可稳产半年。生产方式为提捞采油。油田以高点部位和构造西部产能较好，稳定日产量0.7～1.0立方米，东部产能较差，稳定日产0.15～0.4立方米。

五、咸水泉油田

咸水泉油田位于柴达木盆地西部阿尔金山斜坡带,是一个向东南倾伏的鼻状构造。1958年钻中1井、参1井发现油气流,至1977年共钻井20口,其中下套管井16口,试油15口井,11口获得工业油流,证实为油田。初步控制Ⅰ+Ⅱ级含油面积8.7平方公里(图1-9-13)。

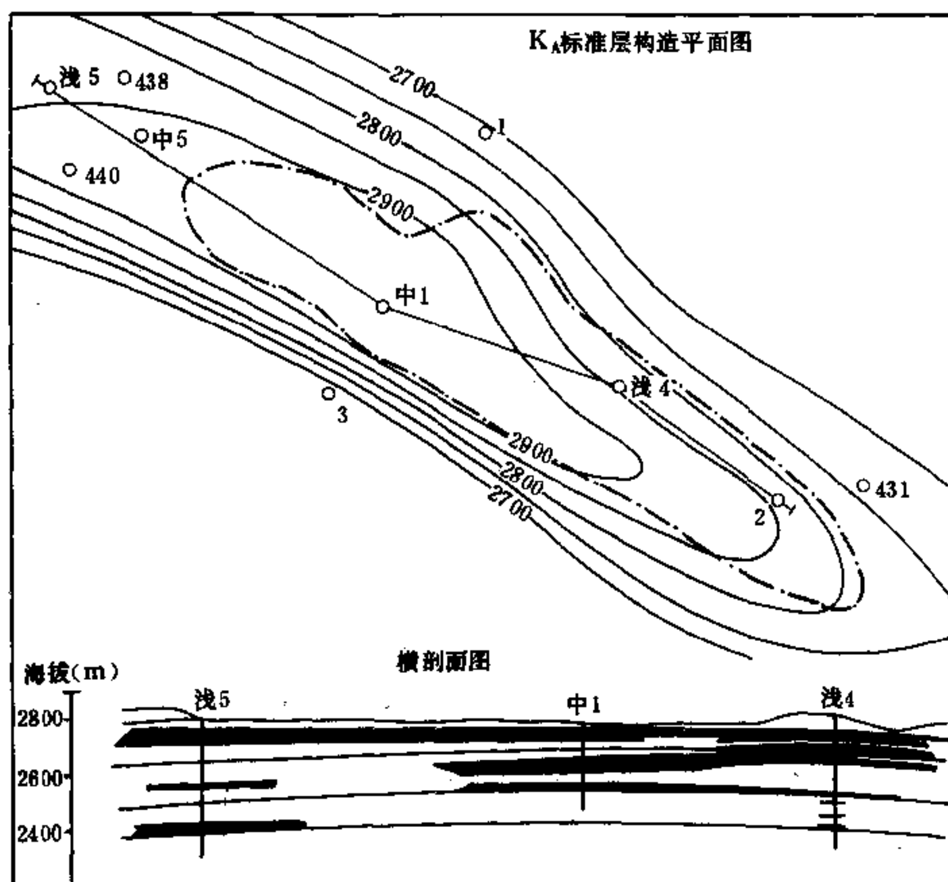


图 1-10-4　开特米里克油出构造图和横剖面图

咸水泉构造面积 302 平方公里，有三个高点。最北面为石油沟高点，闭合面积仅 6.5 平方公里，闭合高度 200 米。高点上咸中 3 井见基岩。中间为华岩山高点，与石油沟高点有断层封闭隔开，闭合面积为 61 平方公里，闭合高度 2100 米，现已控制的 9.63 平方公里含油面积即位于此。南为咸水泉高点，地面断裂发育，充填沥青及油浸砂岩。断裂分两大组，一组走向近东西，倾角 62°～88°，断距最大 51.2～32.7 米，最小 0.5～0.7 米。第二组为北东向，多为正断层，断面倾角 80°左右，向北西倾斜，断距北翼为 153 米，南翼为 161 米，断层挤压紧密。

咸水泉构造地面出露地层为第三系上新统下油砂山组（N_2^1），含油层位从 N_2^2 到 E_3 均有。华岩山北区储油层以砂层孔隙和裂缝储油为主，油层分布于上干柴沟组（N_1）中上部，油层段长 110 米左右。中区储油层位为 N_2^1～N_1，以泥灰岩缝洞储油为主，在靠近断层的地方，因地层破碎造成含油富集，如咸中 4 井取芯资料分析可以说明这一事实。南区储油层分布于 N_2^1 下部至 N_1，含油以裂缝孔隙型为主。此外在浅部 N_2^1 上部至 N_2^2 出现粉砂岩孔隙型含油层。如咸心 1 井 N_2^1 顶部的粉砂岩含油，单层厚 0.1～1.64 米，物性较好，孔隙度一般在 25%左右，渗透率 10～200×10^{-3} 平方微米。试油情况见〔表 1-10-6)。

表 1-10-6

井 号	试油井段 m	方 式	日产油 m^3	备 注
中 13	670.6～778.0	捞	6.6	
	824.0～1035.4	捞	13.6	
中 18	714.0～726.0	10m／m 自喷	11.5	
深 2	712.0～825.0	抽 汲	18.3	试油前自喷产油 1109.6m^3
深 3	111.0～835.0	抽	22.2	

六、油砂山油田

油砂山油田位于柴达木盆地西部狮子沟—油砂山背斜带，为一顶部平缓的不对称半箱状背斜构造。1947 年发现构造，（图 1—9—5），1956 年在油田西区首钻浅 1 井获得工业油流，至 1961 年在油田西区共钻井 65 口,控制含油面积 7.1 平方公里。1962～1969 年暂闭。1970～1979 年在油田东、西区继续进行了预探、详探和扩边工作，到 1979 年底共钻各类探井、资料井、生产井 153 口，基本完成详探工作，探明Ⅰ+Ⅱ级含油面积 7.06 平方公里。

油砂山构造闭合面积 112 平方公里，闭合高度 2100 米，构造南翼有一北西走向的大逆断层，倾向北东，倾角 30°～40°，断距 1000 米以上。油田位于大逆断层上盘，深层构造轴线较地面构造轴线向北偏移。油田内断层发育，36 号断层明显将油田分为东西两区，东区地层抬高，除 N_2^1 地层全部暴露外，N_1 地层亦已出露 10 多米，由此 150 多米油砂暴露地面，并受到严重剥蚀，致使油田东区缺乏保存条件，造成了油田东西区的显著差异，如东区油区少、产能低、地层能量低；油田西区由于 N_2^1 及 N_1 主要油层段尚浅埋地下，保存条件相对较东区为好，表现了油层较多、井段较长、产能较东区高、地层能量也较高。

储油层系为中新统上干柴沟组（N_1）上部和上新统下油砂山组（N_2^1）中下部。储油岩性为粉砂岩、砂岩、砾状砂岩，胶结疏松，物性较好。油层物性自西向东有变好趋势，从上到下则明显变差。油层特点是埋藏深度浅、分布井段长,单层厚度 1～2 米,延展长度 200～400 米，最长 700 米，延展方向与轴向基本一致。整个油田能量低，地层温度在井深 500 米处 22.9℃，地温梯度 3.17℃／100 米。如Ⅰ断块区油层中部海拔 2496.09 米，深度 486.6 米。地层压力 41.9 标准大气压，压力系数 0.837。

1957 年开始试采，至 1962 年及 1970～1971 年先后共有 42 口井进行试采，累计产油 17 万吨，产水 4.2 万立方米。从试采情况看，产油能力普遍降低。如第一次试采单井初产 3～10 吨／日，少数井达 15～20 吨／日，个别井低于 3 吨／日。1962 年暂闭时单井日产量仅 1～5 吨之间，含水达 27%；1970～1971 年试采暂闭时，单井日产量 1～3 吨，产量下降较快。

七、狮子沟油田

狮子沟油田位于柴达木盆地西部南区狮子沟—油砂山背斜带，狮子沟构造的北高点（图 1—9—3）。1954 年发现构造，1958 年开始钻探，至 1959 年共钻探井 6 口，见到不同程度的油气显示。1971 年继续进行钻探，至 1979 年底全油田共钻井 31 口，其中 11 口未下套管，20 口下套管，经 18 口井试油，有 7 口井获得工业油流。1985 年至今继续勘探狮子沟深部油

藏，如狮 20 井在井深 4136.62～4184.48 米和 4564.58 米井段，曾三次发生井喷，后用 5 个 35 毫米油嘴同时放喷，获日产油 1182 立方米，天然气 23.5 万立方米的高产工业油气流，证实了狮子沟深部油藏的存在。又如狮 24 井钻至井深 3870.16～3940.0 米（E_3^2）上部，发生井喷，经中途测试，用 10 毫米油嘴，自喷求产，日产原油 152.29 立方米，天然气 7773 立方米，流压 32.03 兆帕。

狮子沟油田为一顶部宽平的短轴箱状背斜构造，地面构造闭合面积 5 平方公里。东南端以中沟断层与花土沟高点分开，地面地下构造形态基本一致，地下高点向北偏移。浅油藏储油层系为第三系中新统上干柴沟组（N_1）上部，岩性为细—含砾砂岩。油层分布纵向上集中在 K_6～K_7，平面上高点部位油层较多，翼部油层较少。油层单层厚度薄，一般 1～2 米。油藏控制因素以构造圈闭为主，岩性次之。深部油藏储油层系为（E_3）渐新统下干柴沟组，属"自生自储式"油气藏，储集层岩性以深灰色钙质泥岩及泥灰岩为主，尚有少量泥云岩，储集类型以缝洞型为主，尤以高角度裂缝为油气储集和产出的主要通道。在深部油藏以上有较多膏盐层分布于泥质岩井段内，膏盐层的下限一般井深在 3750 米，构成了深油藏的良好盖层。

狮子沟浅部油藏（N_1）已探明Ⅰ+Ⅱ级含油面积 1.9 平方公里；深部油气藏（E_3）仍在继续勘探中。

八、七个泉油田

七个泉油田位于茫崖坳陷尕斯断陷西北端，为一南陡北缓的不对称背斜（图 1-9-15）。1954 年发现构造，1955 年开始钻探，1974 年中 3 井获得工业油流证实为油田。至 1979 年共钻井 51 口，其中 40 口下了套管。39 口井均已试油，有 14 口井获得工业油流。由于油层物性差，油井产能低，一般日产油 1～4 立方米，经压裂可普遍增产 2～3 倍。

七个泉构造长 9 公里，宽 2.5 公里，面积 22 平方公里，闭合面积 4.5 平方公里，闭合高度 220 米，构造形态上下不一致，地层倾角，浅层缓，深层陡，深部构造轴线较地面轴线向北偏移 200 米。井下地层为狮子沟组（N_2^3）和上下干柴沟组（N_1、E_3），N_2^3 与下伏地层角度不整合接触。1974 年七中 18 井 700～706.1 米取芯见到 N_2^3 与 E_3 不整合面。N_2^3 地层倾角 8°～23°；E_3 地层倾角 55°～58°。储油层为下干柴沟组（E_3）。油层物性据七心 1 井分析成果平均有效孔隙度 15.75%，自西北向东南物性有变好趋势。油层分布在构造高部位较富集，向构造低部位减少。纵向上油层最浅的仅在井深 142 米处层位属 N_2^3（七浅 3 井），油层最深 1497 米，层位为 E_3（七深 1 井）。E_3 油层不完全受浅层构造的控制，向东可能存在不整合遮挡地层油藏。在北翼可能尚受岩性因素所控制，储集层岩性以砾岩、砾状砂岩、粉砂岩含油为主。

七个泉油田目前已探明Ⅰ+Ⅱ级含油面积 8.2 平方公里。经试油 14 口获得工业油流井中如中 24 井日产油 2.3 立方米，经压裂措施以后日产油可提高 4～5 倍。

九、鱼卡油田

鱼卡油田位于柴达木盆地北部块断带鱼卡凹陷，为一轴向 48°～115°由东向西倾没的鼻状背斜构造（图 1-10-5）。1958 年发现构造并开始钻探，1959 年鱼中 15 井试出工业油流，至 1959 年底共钻井 26 口，其中获工业油流井 7 口。

鱼卡油田鼻状背斜构造倾没角 40°左右，东西长 5.5 公里，南北宽 1.5～2.5 公里，北翼倾角 55°～75°，南翼倾角 80°至倒转，为一标准的不对称梳状背斜。油田范围内有两组断层：第一组近东西向，为北倾高角度逆断层，断距 160～611 米；第二组为近南北向平

移断层，仅延展数米至数十米，断距仅几米。储油层系为上侏罗统采石岭组（J_3^1）下段，油层深度为120～450米，含油井段长90～192米，单层最大厚度2.6～8米，总厚度6.6～19.4米，为低渗透孔隙性砂岩储油。

鱼卡油田经钻探探明Ⅰ+Ⅱ级含油面积0.43平方公里。试采情况见表1-10-7。

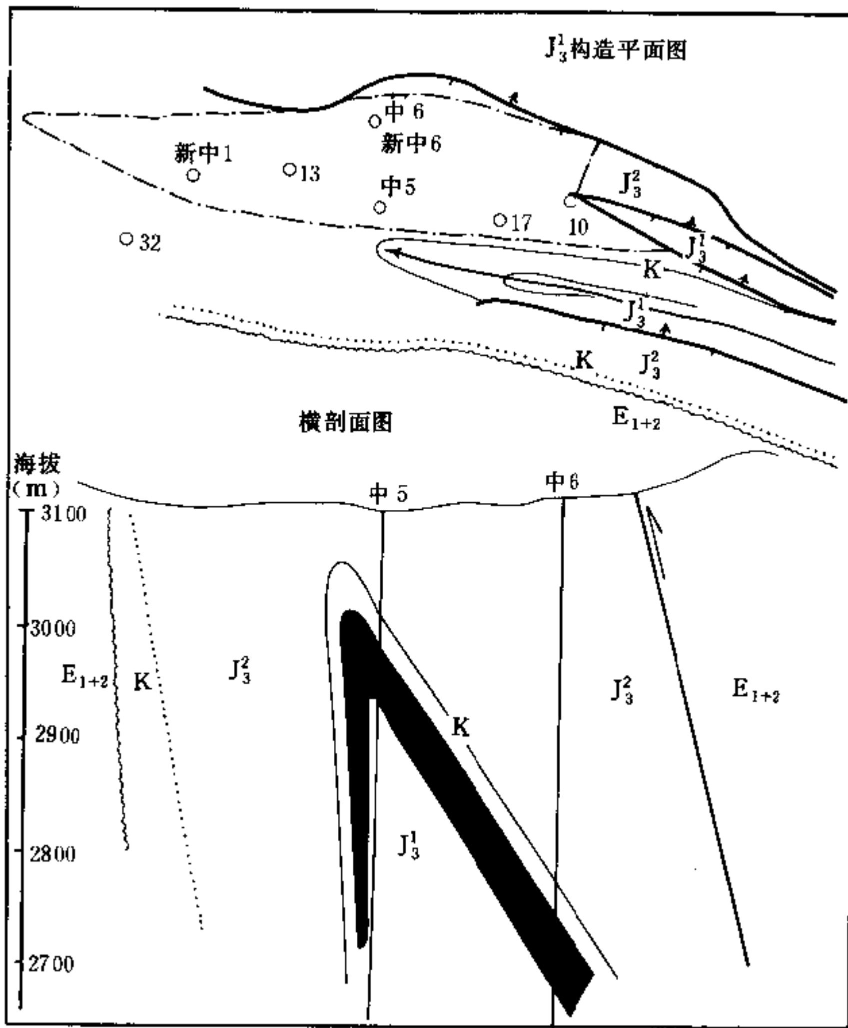


图1-10-5　鱼卡油田J_3^1构造图和横剖面图

表1-10-7

年　度	开　井 口	生产方式	日产油 t	单井日产油 t	年产油量 t
1959	5	抽油（1）、捞油（4）	2.9	0.58	387
1960	5	同上	1.28	0.26	352
合　计					739

第十一章 资源预测及勘探方向

第一节 资源量计算方法

当代石油生成与油气资源评价研究的进展，给石油与天然气资源量的计算提供了科学的方法。目前，柴达木盆地生油量的计算方法，大体可分为两大类：一类是根据有机质总量和沥青化系数〔沥青／有机碳%或烃转化系数（总烃／有机碳%)〕推算生油总量；另一类是B.P.蒂索（Tissot，1969)、J.G.埃德曼（Erdman，1974）等人根据有机物的性质和有机质在埋藏过程中的热演化作用等因素，在干酪根热降解成油假说的基础上，建立的直接计算生油岩总生油量的方法。埃德曼的生油量计算公式在我国酒西盆地、冀中坳陷和陕甘宁盆地都曾先后使用过。埃德曼认为：生油岩的生油量是沉积岩中有机质浓度，地质时代，成熟作用，有机物沉积时和沉积后的自然氧化程度，生油母质成分等五个因素的函数。在运用直接法时，计算方法参照华北油田梁秋刚等“冀中坳陷油气的生成”一文，计算程序由青海石油管理局编拟。对柴达木盆地生油量和资源量的计算方法计有6种：即干酪根热降解数学模拟法、体积法、氯仿沥青“A”法、油田规模序列法、体积加权法和单储系数类比法。选择不同方法进行资源量预测的原则是勘探程度及研究程度较高的地区用干酪根热降解数学模拟法；研究程度不高的地区以体积法计算残烃量代替残余油量；氯仿抽提物样品多数采自地面露头者用氯仿沥青“A”法计算；为了验证从多方面计算资源量的可靠程度，采用规模序列法进行预测；对于第四系天然气由于属生物化学甲烷气成因类型，进行了初步估算，所以用体积加权法计算；对圈闭条件比较落实的构造，以单储系数类比法进行综合评价。各方法的具体运用分述如下：

一、干酪根热降解数学模拟法

人工热降解模拟实验资料证明，干酪根成油过程近似于化学动力学上的单分子一级反应过程。它服从于质量作用定律和阿雷尼乌斯公式。据此可建立以下数学模拟方程组：

$$\frac{-dxi}{dt}=K_{1i}Xi \quad (1)$$

$$\frac{duj}{dt}=K_{2j}Y \quad (2)$$

这两式表示：干酪根热降解成油成气的速率，与干酪根浓度(含量)的一次方成正比。

$$K_{1i}=A_{1i}e^{-\frac{E_{1i}}{RT}} \quad (3)$$

$$K_{2j}=A_{2j}e^{-\frac{E_{2j}}{RT}} \quad (4)$$

这两式表示：干酪根热降解的速率与干酪根类型(不同类型的活化能E和频率因子A不同)和反应温度T的关系符合阿雷尼乌斯公式

$$V=\sum_j Yi\text{；}\ u=\sum_j uj \quad (5)$$

该式表示生油气总量为分量之和

$$X_0+Y_0+u_0=\sum_i xi+\sum_i yi-\sum_j uj \quad (6)$$

该式表示反应前后的物质平衡。

表 1-11-1　热降解数学模拟数据表

序号	井　号	层　位	最大埋深	地温梯度	生油量 $10^8 \times t$	干酪根类型	备　注
1	七深 4	E_3^2	3286.4	0.0337	0.0114166	Ⅱ	未加初值
		N_1^1	2819.5	0.0337	0.0085529	Ⅱ	
2	红参 2	E_3^2	3000.5	0.0333	0.0118808	Ⅱ	
		N_1^1	2516.25	0.0333	0.0058724	Ⅱ	
3	狮 15	E_3^2	4676.5	0.0300	0.3106801	Ⅱ	
		N_1^1	3731.5	0.0300	0.0616297	Ⅲ	
4	花 79	N_1^1	4080.97	0.0264	0.0939227	Ⅱ	
		N_1^2	3438.09	0.0264	0.0175681	Ⅲ	
5	跃深 10	E_3^2	3330.5	0.0345	0.1030075	Ⅱ	
		N_1^1	2785	0.0345	0.0287291	Ⅱ	
		N_1^2	2429	0.0345	0.0048560	Ⅲ	
6	英雄岭	E_3^2	6480	0.0275	0.2412599	Ⅲ	
		N_1^1	4830	0.0275	0.1502992	Ⅲ	
		N_1^2	4196.6	0.0275	0.0695036	Ⅲ	
7	尖 3	E_3^2	3604.63	0.0380	0.0960252	Ⅲ	
		N_1^1	2416.99	0.0380	0.0054051	Ⅲ	
		N_1^2	2059.58	0.0380	0.0013717	Ⅲ	
8	油 6	E_3^2					
		N_1^1	4722.5	0.0333	0.3527481	Ⅱ	
		N_1^2	4385.0	0.0333	0.3104016	Ⅱ	
		N_2^1	4018.2	0.0333	0.0566382	Ⅲ	
9	沟 4	E_3^2	3393.08	0.0400	0.1785900	Ⅲ	
		N_1^1	2862.72	0.0400	0.0738258	Ⅲ	
		N_1^2	2430.07	0.0400	0.0284229	Ⅲ	
		N_2^1	2062.62	0.0400	0.0138175	Ⅱ	
10	南参 7	E_3^2	4183.78	0.0287	0.1216113	Ⅲ	
		N_1^1	3135.5	0.0287	0.032043	Ⅲ	
		$N_1^{2'}$	2608.5	0.0287	0.0138175	Ⅲ	

以上模拟程式中考虑了恢复生油层埋藏史上的最大深度。对因抬升、并遭受剥蚀的构造恢复了一次沉积史上的最大埋深及埋藏时间，并模拟了两次沉积史。

1.计算方法

按上式运用干酪根热降解数学模拟法可直接算出原始生油量 $Q_{总}$；运用蒙特卡洛法求出残烃量 $Q_{残}$；以 $(Q_{总}-Q_{残})/Q_{总}$，求得排烃系数 $K_{排}$；根据盆地的实际情况，并与国内几个盆地类比确定经验聚集系数 $K_{聚}$；排聚系数 $K=K_{排}\times K_{聚}$；预测资源量 $Q_{资}=Q_{总}\times K$。

2.原始生油量数学模拟中的参数选择

从上述方程组 1～6 式可以看出，生油量的大小决定于生油层干酪根的含量、类型、成熟度、地层年代、沉积速度和地温参数。当给定这些参数时，就可算得某一生油层从开始沉积到某一时刻（或埋深）的整个发展过程中的总生油量。

(1) 干酪根的含量　目前干酪根的分析着重解决干酪根的类型，没有测定干酪根占岩石重量的百分比含量。所以暂用残余有机碳代替。该模拟剖面中，将各层有机碳的算术平均值乘以 1.22，来代替干酪根的原始含量。

(2) 干酪根的类型　干酪根类型是根据各计算剖面的实际分析资料，包括干酪根的镜下鉴定资料，元素分析及热解资料综合分析确定的。参见表 1–11–1。

(3) 成熟度　盆地的主要生油层（E_3^2、N_1、N_2^1）已基本成熟或低成熟，具体剖面的成熟度，可根据已建立的生油岩演化剖面、TTI 计算剖面确定之。

(4) 埋藏史参数　根据各计算剖面的地层对比数据恢复而定（参见表 1–11–1）。

(5) 地层年代　根据中国科学院地质研究所及中国科学院地球化学研究所发表的地质年代测算（表 1–11–2）。

表 1–11–2　地层年代表

时代及地层组段	距今年代（百万年）10^6a
第三纪上新世上油砂山组（N_2^2）	12
第三纪上新世下油砂山组（N_2^1）	18.5
第三纪中新世上柴组上段（N_1^2）	21.75
第三纪中新世上柴组下段（N_1^1）	25
第三纪渐新世下柴组上段（E_3^2）	32.5

(6) 地温史参数　以现今实测地温资料，作出各剖面地温梯度曲线求得该剖面的地温梯度；未获得地温实测资料的剖面根据地温梯度等值线求得（表 1–11–1）。

(7) 各类干酪根的生油潜量、活化能及频率因子　此项是借用蒂索发表的数据（表 1–11–3）。

(8) 生油率　即单位干酪根重量模拟的总生油量，由各控制剖面的分层模拟数据以算术平均法求出分层生油率，以下述公式求得分层分区总生油量。

$$Q_{总}=V\times D\times C\times 1.22\times YY$$

式中　$Q_{总}$——原始总生油量，$10^8\times t$；

　　V——生油岩体积，km^3；

　　D——生油岩密度，$10^8\times t/km^3$；

表 1-11-3 主要类型干酪根生油潜量和活化能分布

活化能		干酪根类型					
种类	平均值 kg / mol	Ⅰ型		Ⅱ型		Ⅲ型	
		X_{io}	A	X_{io}	A	X_{io}	A
E_{11}	10	0.024	4.75 10^{4}	0.022	1.27 10^{5}	0.023	5.20 10^{3}
E_{12}	30	0.064	3.04 10^{16}	0.034	7.47 10^{16}	0.053	4.20 10^{16}
E_{13}	50	0.136	2.28 10^{25}	0.251	1.48 10^{27}	0.072	4.33 10^{25}
E_{14}	60	0.152	3.98 10^{30}	0.152	5.52 10^{29}	0.019	1.97 10^{32}
E_{15}	70	0.347	4.47 10^{31}	0.116	2.04 10^{35}	0.049	1.20 10^{33}
E_{16}	80	0.172	1.10 10^{34}	0.120	3.80 10^{35}	0.027	7.56 10^{31}
干酪根生油潜量 $X_0=\sum X_{io}$		0.895		0.695		0.313	

（据 B.P.Tissot 和 D.H.Welte）

C——有机碳含量；

YY——生油率。

3.计算结果

根据二十五个探井剖面模拟的数据计算结果如表 1-11-4 和 1-11-5 所示。

4.残余油量的数学模拟

以氯仿抽提物中的总烃代替残余油量，用统计模拟法（蒙特卡洛法）计算。

计算公式：$Q_{残}=S\times H\times D\times Hc$

表 1-11-4 柴西地区第三系三个凹陷原始生油量表

凹陷	层位	生油岩体积 km^3	生油岩密度 $10^8\times t/km^3$	$C\times1.22$	生油率	原始生油量 $Q_{总}$ $10^8\times t$
尕斯断陷	E_3^2	1060	24.3	0.004×1.22	0.1533	19.3
	N_1	267	23.4	0.004×1.22	0.1121	3.4
	小计	1327				22.7
茫崖凹陷	E_3^2	2476	24.3	0.004×1.22	0.2413	70.8
	N_1	1233	23.4	0.004×1.22	0.1917	27
	N_2^1	2918	22.4	0.003×1.22	0.0788	18.9
	小计	6627				116.7
小梁山凹陷	E_3^2	1138	24.3	0.003×1.22	0.2011	20.4
	N_1	801	23.4	0.003×1.22	0.1996	13.7
	N_2^1	2918	22.4	0.003×1.22	0.0926	22.2
	小计	4857				56.3
总计	$E_3^2\sim N_2^1$	12811				195.7

表 1-11-5　柴西地区分层合计原始生油量数据表

层　　位	生油岩体积 km^3	原始生油量（$Q_{总}$） $10^8 \times t$
E_3^2	4674	110.5
N_1	2301	44.1
N_2^1	5836	41.1
总　　计	12811	195.7

式中　$Q_{残}$——残余油量，$10^8 \times t$；

S——生油层分布面积，km^2；

H——生油岩厚度，km；

D——生油岩密度，$10^8 \times t / km^2$；

HC——生油岩中残留烃含量。

式中 S、D 为确定值，H、Hc 为一定范围内的随机变量，均在生油层综合评价图上以“十”字网格法取值，并作出分布函数曲线，后上计算机处理求得（图 1-11-1、1-11-2 及 1-11-3）。

计算结果如下表 1-11-6 中所列数据。

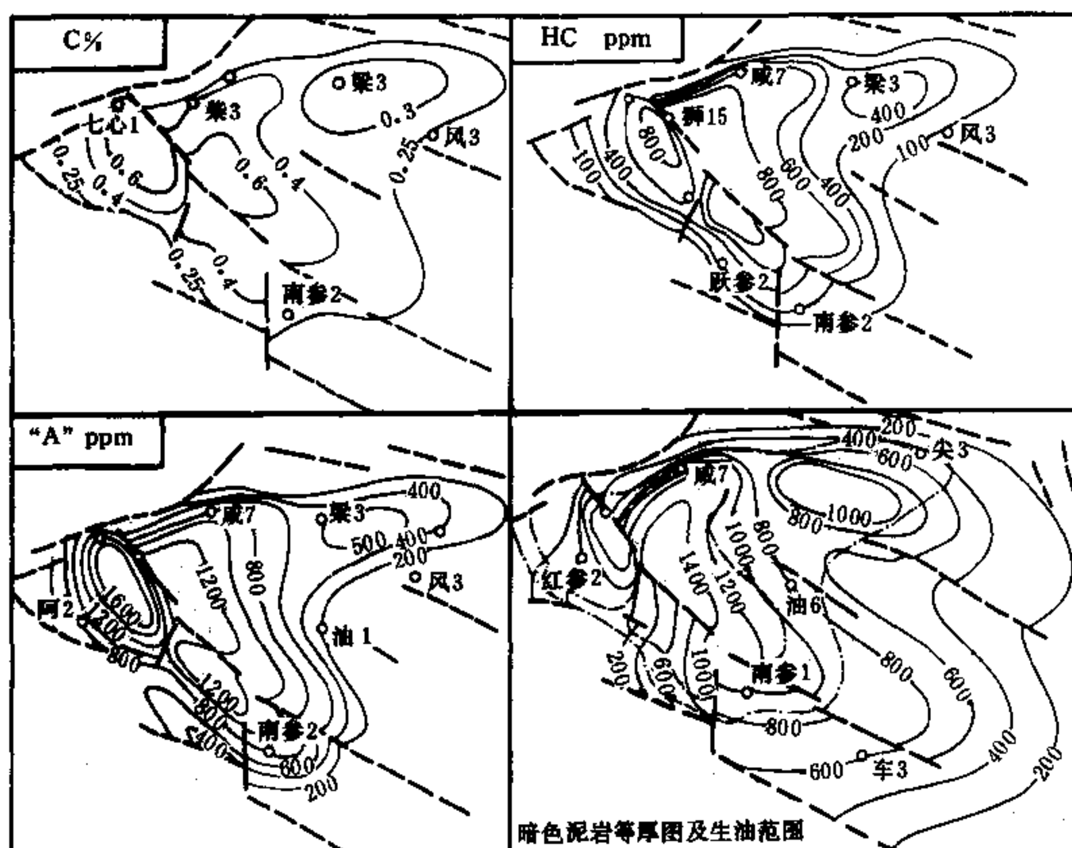


图 1-11-1　下柴组（E_3）生油层综合评价图

图 1-11-2 上柴组（N_1）生油层综合评价图

图 1-11-3 下油组（N_2^1）生油层综合评价图

表 1-11-6　柴西地区第三系残余生油量数据表

凹陷及层位 \ 概率值 \ 残油量		残余生油量($10^8\times t$)		
		90%	50%	10%
南　区	尕斯断陷 茫崖凹陷	9.58 54.00	15.50 70.60	24.00 102.32
北　区	小梁山凹陷	27.70	44.16	59.10
层　位	E_3^2 N_1 N_2^1	46.18 24.70 17.98	64.56 33.84 33.92	93.78 42.68 46.54
概率累加	$E_3^2\sim N_2^1$	104.74	130.50	163.20

5.排聚系数的确定

(1) 排烃系数　残余生油量取 50%的概率值，按上述公式计算，其结果见表 1-11-7。

表 1-11-7　柴西地区三层生油排烃系数

层　位	$Q_{总}(10^8\times t)$	$Q_{残}(10^8\times t)$	$K_{排}(\%)$
E_3^2 N_1 N_2^1	110.5 44.1 41.1	64.56 33.84 33.92	42 25 20

(2) 聚集系数　目前只能取经验数据，石油工业部石油勘探开发科学研究院根据东部几个含油盆地确定的经验聚集系数为:

一类生油凹陷　30～50%

二类生油凹陷　15～30%

三类生油凹陷　＜15%

根据柴西区三个生油凹陷中生油层的质量,总的来看相当于我国东部几个含油盆地的二～三类凹陷,所以取 10%～25%。其分层分凹陷的聚集系数及排聚系数以及计算的资源量.

二、体积法

柴达木盆地一里坪凹陷资源量以体积法计算残烃量代替残余油量，并与柴西地区第三系生油层类比确定排聚系数 K。

1.计算公式及参数

$$Q_{残}=V\times D\times Hc$$

式中　V——生油岩体积 (km^3)，根据图1-11-4有效生油岩等厚线以面积权衡法圈定。面积 3000 平方公里，体积 3278 立方公里。

D——生油岩密度 ($10^8t/km^3$)，采用柴西第三系 N_2^1生油岩密度，即 22.4 ($10^8t/km^3$)。

Hc——岩石中残余烃含量，根据图1-11-4中有效生油岩Hc等值线以面积权衡法确定。计算结果平均为 187ppm。

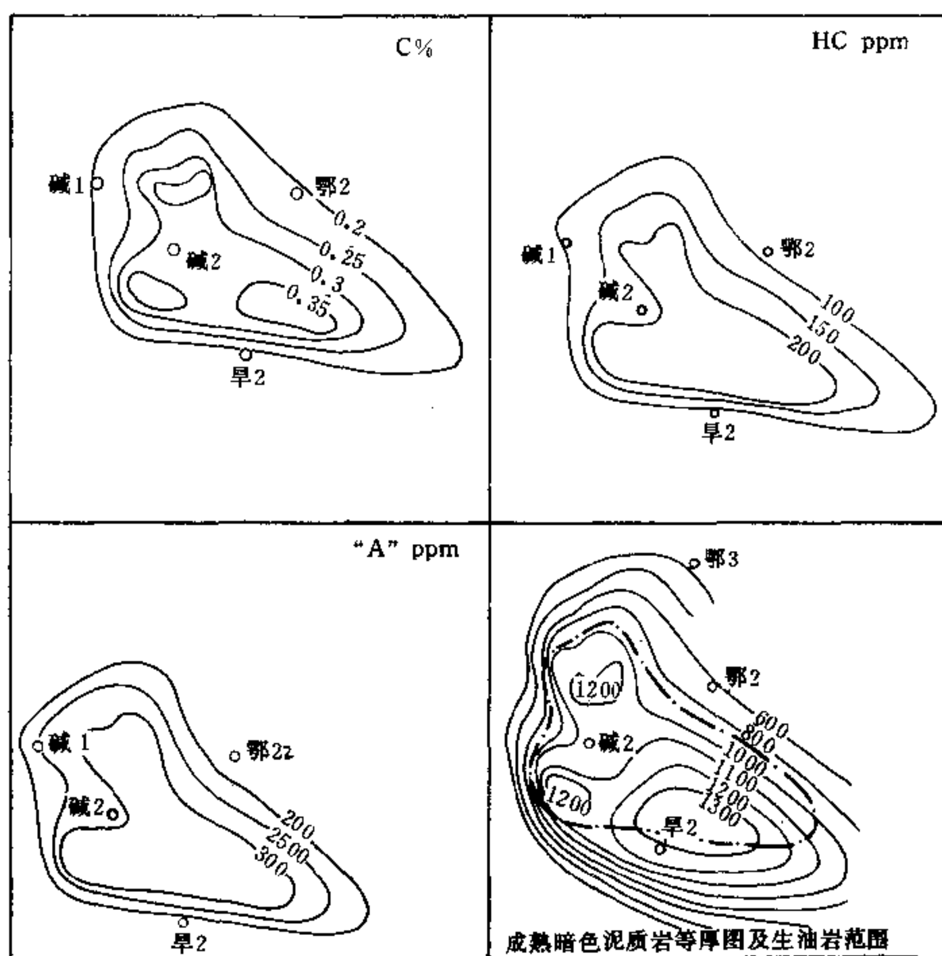


图 1-11-4 一里坪凹陷生油层综合评价图

2.计算结果

$Q_{残}=13.73\times10^8\times t$

采用柴西第三系上新统 N_2^1 的排聚系数即：

$K_{排}$—15%、$K_{聚}$—15%、K—3%

$Q_{总}=17.16\times10^8\times t$

$Q_{排}=3.43\times10^8\times t$

$Q_{资}=Q_{排}\times Q_{聚}$ 或 $Q_{资}=Q_{总}\times K$

计算结果：$Q_{资}$ 为 $5100\times10^4\times t$

三、氯仿沥青"A"法

用氯仿沥青"A"法对以中生界中侏罗统为油源岩的赛—昆和鱼卡—红山两个区进行预测，主要考虑到该两区氯仿抽提物样品中除冷湖地区有井下样品外，多数取自地面露头，其残余烃因风化散失，分析数据可能偏低，而有机碳法目前已不采用，所以用氯仿沥青"A"法计算。

计算公式：$Q_{残}=V\cdot D\cdot$"A"

式中 V——生油岩体积（km^3）（参见表 1-11-8）。

表 1-11-8 赛—昆地区生油岩体积预测表

生油相带	生油层层段	生油层厚度 m	生油层面积 km^2	生油岩体积 km^3
浅湖相带	$J_2^4 \sim J_2^5 \sim J_2^7$	300～500	2026	607～1013
滨湖沼泽相	$J_2^4 \sim J_2^5$	209	2709	566
合　计	J_2	200～500	4735	1173～1579

其中赛—昆地区预测按 1300 立方公里计算；鱼卡—红山地区用 169.2 立方公里。

D——生油岩密度，亿吨／立方公里，根据长庆油田下侏罗统生油岩用 25.4～25.6，本区采用 25.5 亿吨／立方公里。

“A”——氯仿沥青“A”，用各层已分析数据的算术平均值。赛昆地区 0.054%（15 个样品平均值）；鱼卡—红山地区 0.1283%（两个样品平均值）。

计算结果：

赛昆地区　$Q_{残}$ = 18 亿吨

鱼卡—红山地区 = 5.5 亿吨

合计　$Q_{残}$ = 23.5 亿吨

取经验排烃系数 30%，聚油系数 20%，即得出资源量。

四、油田规模序列法

以上对中生界、第三系的九个凹陷（或断陷）分四个区以生油岩为基础进行了资源量的预测，但为了从多方面验证其可靠程度，采用油田规模序列法对盆地资源量进行预测。

油田规模序列法的基本原理：规模序列法基于吉波夫定律，即 $S_m / S_n = K \cdot n / m$

式中　S_m——排列号为 m 的事物的大小；

S_n——排列号为 n 的事物的大小。

斜率 K 取值为 1。

吉波夫定律表示：某种离散现象的最大一个的大小是第二号的 2 倍，是第三号的 3 倍，依次类推。

如果把一个盆地的油气田看作为离散现象，作双对数规模序列图，以油气田的探明地质储量作为纵坐标，以油气田大小序列作为横坐标，根据吉波夫定律，这条规模序列曲线为一条近似直线。

目前柴达木盆地已经发现 17 个油田，其中红柳泉、南翼山两个油田还正在勘探落实储量阶段，因之具体作法是以盆地现已探明的 15 个油田的地质储量作样本。根据这个样本在双对数坐标纸上描绘出盆地油田地质储量总体规模序列曲线，并把它解释出一张资源清单。

五、体积加权法

运用体积加权法主要对第四系天然气资源量进行估算，从成因上分析盆地第四系天然气有两种类型：一是碳质泥岩生气，应属于泥炭向褐煤过渡阶段的煤成甲烷气；二是暗色泥质岩生气，属于向石油转化过程中热成熟前的生化甲烷气。

估算方法：在两种类型的生气岩等厚图上分别以面积加权法求得平均厚度并算出体积。$V_{泥}$——10265 立方公里、$V_{碳}$——53 立方公里；并以体积加权法求得两类生气岩的平均有机碳含量为 0.33%；生气岩平均密度取 22.4 亿吨／立方公里。根据公式

$V_c = V_{总} \times D \times C\%$　可求出生气岩中有机碳的总重量为：

$V_c = 10318 \times 22.4 \times 0.33\% = 762.7 \times 10^8 t$

据有关研究资料，在泥炭向褐煤过渡阶段中挥发分含量为28.8～60%，而挥发分中气态烃的含量占11.6%，天然气密度为0.0007116吨／立方米，取挥发分含量为50%，则可根据下式求得甲烷气的总量：$Q_{总} = 62165\ (10^8 m^3)$。

表1-11-9　国外勘探程度高的盆地天然气聚集系数表

盆地名称	天然气聚集系数	盆地名称	天然气聚集系数
伊利诺斯（美）	0.004	沙伊姆（苏）	0.004
齐曼-伯朝拉（苏）	0.002	下瓦尔托夫（苏）	0.057
第涅泊尔-顿涅茨（苏）	0.005	卡尹梅聚夫（苏）	0.002
圣金华（美）	0.01	别勒佐夫（苏）	0.006
洛杉矶（美）	0.01	塔佐夫（苏）	0.068
西伯利亚（苏）	0.008	乌连戈尹（苏）	0.095
苏古尔特（苏）	0.013	中自休千（苏）	0.04

六、单储系数类比法

对柴西地区圈闭条件比较落实的第三纪构造，以成油条件系数法进行综合评价，筛选出有希望找到储量的构造进行储量预测，预测方法采用单储系数类比法。具体方法是根据已探明的15个油田，按照它们分布的地区、油源条件、储集层类型、富集程度等划分为三个组并求出六项类比系数，作为类比的模型数据。

类比原则　尽量与同一地区内条件相似的相邻油田或天然气田进行类比，若不具备上述条件时则采用本区油田或天然气田的平均类比系数进行预测；若预测区内没有与本构造相同的储集层类型，则与邻区进行类比，或用本区平均类比系数。为了说明具体的类比方法，以盆地东部三湖地区的台南构造为例进行预测。

台南构造（Q_{1+2}）　该构造位于涩北一号之西，并与涩北一号同属中央隆起带，其圈闭面积67.5平方公里，本构造在地震资料上呈现有速度降低效应的面积为64平方公里。根据涩北一号含气面积基本与圈闭面积相当，且含气面积亦存在速度降低效应的事实，根据相邻构造的类比，可把64平方公里作为台南构造含气面积的预测依据。

第二节　生油量的计算

1978年以来，青海石油局已对茫崖坳陷的第三系生油量进行了多次的计算，计算结果是：有机碳法为177～250亿吨，数学模拟法为190～220亿吨，蒙特卡洛法概率为90%时105亿吨，概率为50%时131亿吨。1981～1984年应用残烃法计算结果为119～125亿吨。蒙特卡洛法和残烃法计算结果接近，总的看来本区第三系生油量在100～150亿吨是可信的。1986年对中生界的生油量进行了计算，北京石油勘探开发研究院有机地球化学室对柴达木第三系进行了几种方法计算对比，并进行了分区评价。

一、中生界生油量计算

冷湖—鱼卡地区中生界生油岩的研究工作做得比较多，除地面露头和钻孔资料以外，近年来又做了大量的地震工作。通过地震资料的地质解释，对中生界的分布情况有所了解，为计算生油量提供了可能。

据最近研究成果，冷湖—鱼卡地区中生界 T_3—J 分布严格受两个断陷带控制，面积约为3000 平方公里。用氯仿沥青“A”法，按三类四种生油岩分别计算了残留生油量和总残留生油量（表 1-11-10）。

表 1-11-10　各种生油岩残留生油量数据表

生油岩类型	I 腐殖-腐泥型	$Ⅱ_1$ 腐殖-腐泥—腐泥-腐殖型	$Ⅱ_2$ 腐泥-腐殖—腐殖型	Ⅲ 腐殖型
面积（S），km^2	700～800	500～800	1500	1400
厚度（H），m	80～100	100～500	300～400	100～200
体积（V），km^3	56～80	50～30	450～600	140～280
“A”，%	0.1425	0.0666	0.0340	0.0104
$Q_{残}$，10^8t	2.5	3	4.5	0.5

计算公式　$Q_{残}=V\cdot D\cdot A$

式中　D——生油岩密度（$10^8t/km^3$）为 $25.5\times10^8t/km^3$；

V——成熟生油岩体积，km^3；

A——氯仿沥青“A”含量（%）。

以上合计，总残留生油岩为 10.5×10^8t。

二、第三系生油量计算

对茫崖坳陷的五个层位的成熟生油岩进行了生油量的计算。

1.生油岩的分区、分级及计算方法选择

（1）生油岩的分区　茫崖坳陷第三系生油岩形成于统一湖盆中，但由于水深不一，可能存在多个次一级沉积凹陷，如尕斯断陷中就存在红狮凹陷、扎哈凹陷、尕斯湖凹陷等；狮子沟—油砂山构造带以北，油泉子以南存在茫崖凹陷；南翼山以北存在小梁山凹陷等。由于这些凹陷的存在，分为三区计算：即南区、中区、北区。

（2）生油岩的分级　由于英雄岭坳陷生油岩丰度低，和全国生油岩标准相比，缺少最好的一类生油岩。结合盆地的实际情况，划分了Ⅰ级和Ⅱ级生油岩，分别相当于全国标准较好和较差的生油岩，由于富含碳酸盐，其生油岩有机碳下限也由 0.4%改为 0.25%，低于0.25%作为非生油岩考虑（表 1-11-11）。

表 1-11-11　柴达木盆地生油岩划分标准

类　别	C%	“A”%	HC,ppm
Ⅰ（较好生油岩）	>0.4	>0.05	>300
Ⅱ（较差生油岩）	0.25～0.4	0.02～0.05	100～300
Ⅲ（非生油岩）	<0.25	<0.02	<100

在具体圈定生油范围时，Ⅰ级生油岩的三项指标必须在Ⅰ级标准内全部叠合，一项达不到降为Ⅱ级。如C>0.4%，“A”>500ppm、HC<300ppm，则作为Ⅱ级生油岩考虑；在Ⅱ级范围内如有一项达不到指标，降为Ⅲ级非生油岩考虑，不进行计算。

(3) 计算方法选择　以往对茫崖坳陷生油层定量计算，先后选用过有机碳法、氯仿沥青“A”法、残烃法，也曾对残烃法用蒙特卡洛法进行过计算机处理，中国科学院兰州地质研究所曾用干酪根热降解数学模拟法进行过计算，这些计算结果相差较大。

通过对各种方法和结果进行比较，从茫崖坳陷的实际状况出发，残烃法是可行的，有机碳法（除去 $K_c=1.2\%$ 外）、氯仿沥青“A”法测值均偏高，在理论上，这两种方法将50%左右的沥青质和非烃也算作了残留油，而沥青质和非烃在原油中，尤其是高成熟原油中是很少的，在成熟生油岩中，它们是有机质的中间转化产物，用干酪根热降解数学模拟法所得的生气量数值过大而油偏少，而且是假想的一个完全封闭系统。虽然模拟总量可能接近原始生油量，但由于实际有机质类型的活化能分布和实际应用中的选择存在差异，计算结果也存在差异。就残烃法本身来说也只是计算了现今生油岩中残留的烃类总量。威克斯曾统计过60多个盆地，认为运移出去的烃量仅占生油岩中残留烃的少数。由于轻烃难以测定和易于溢散，所以对高成熟和过成熟生油岩的效果可能差一些。根据茫崖坳陷生油岩的实际成熟状况，南区处于成熟阶段，北区 E_3^2 和 N_1 虽有些进入高成熟和过成熟阶段，但生油层上抬，并不存在好的生油层，主要是 N_1 以上的生油岩处于成熟阶段，所以选用了残烃法。

(4) 计算公式及参数求取

公式　$Q=V\cdot D\cdot U=S\cdot H\cdot D\cdot U$

式中　Q——残烃总量（10^8t）；

S——成熟生油岩面积（km^2），根据演化剖面及TTI值综合确定的；

H——成熟生油岩（暗色泥质岩）厚度（km）采用面积加权平均法求取平均值；

V——成熟生油岩体积（km^3）；

D——生油岩密度（$10^8t/km^3$），根据重力研究提供：E_3^2 为 $24.3\times10^8t/km^3$；N_1 为 $23.4\times10^8t/km^3$；N_2^1 为 $22.4\times10^8t/km^3$；N_2^2 为 $21.5\times10^8t/km^3$。

U——生油岩平均烃含量（ppm），根据控制剖面所编制的各层烃含量等值线，在成熟范围内，用面积加权平均法求取。

(5) 计算结果

1) 残烃量计算结果，其叠合面积为8705平方公里，生油岩体积为12300立方公里，总残烃量为125亿吨。随着近几年勘探工作的进展，资料的增多，更具有代表性。但近两年计算的残烃量都相差不大，比较趋于一致。根据东部各盆地的排聚系数（一类生油层排烃系数为30%，聚集系数为30%；二类生油层各为25%及20%），测算柴达木西部地区第三系总生油量为171.81亿吨，运移量为46.77亿吨，聚集量为11.60亿吨。

2) 根据数学模拟结果，利用生油量算术平均值试算其原始总生油量为195.69亿吨.

2.资源量预测

(1) 预测参数选择　由于没有进行干酪根热模拟，数学模拟和热解色谱某些参数尚存在较大差异，所以没有直接求得原始生油量，尚难以确定盆地内的排、聚系数。北京石油勘探开发科学研究院曾研究了我国东部一些盆地的排聚系数，提出了一些经验数值（表1-11-12）。但是东部盆地的一些热模拟表明，排烃系数往往超过上述最大范围值，达到50%以上，而聚集系数较低（10～20%），总的排聚系数（$K_{排}\times K_{聚}$）一般在10%左右。因

此决定采用如下的系数，其排聚系数为5%～9%，高出苏北油田（4.5%～6%）。

表1-11-12 我国东部地区排聚系数表

分 类	$K_{排}$ %	$K_{聚}$ %
一类生油凹陷	20～30	30～50
二类生油凹陷	15～20	15～30
三类生油凹陷	5～15	<15

(2) 预测公式及预测结果

其公式是 $Q_{原}=Q_{残}/(1-K_{排})$

$Q_{运}=Q_{原}\times K_{排}$

$Q_{聚}=Q_{运}\times K_{聚}$

$=Q_{原}\times K_{排}\times K_{聚}$

式中 $Q_{原}$——原始生油量（10^8t）。

如果用估算的原始生油量来测算，排出量为：70.62×10^8t

总的排出系数为36.09%，高于现用的最大值30%，用$K_{聚}=20\%$来预测聚集量，则聚集量为$70.62\times0.2=14.12$亿吨，比上述预测值稍高一些。

如果用华北油田同样方法所采用的$K_{聚}$值（10～30%），其平均值为15%，则聚集量为10.59亿吨，和以上预测结果是接近的（图1-11-6）。

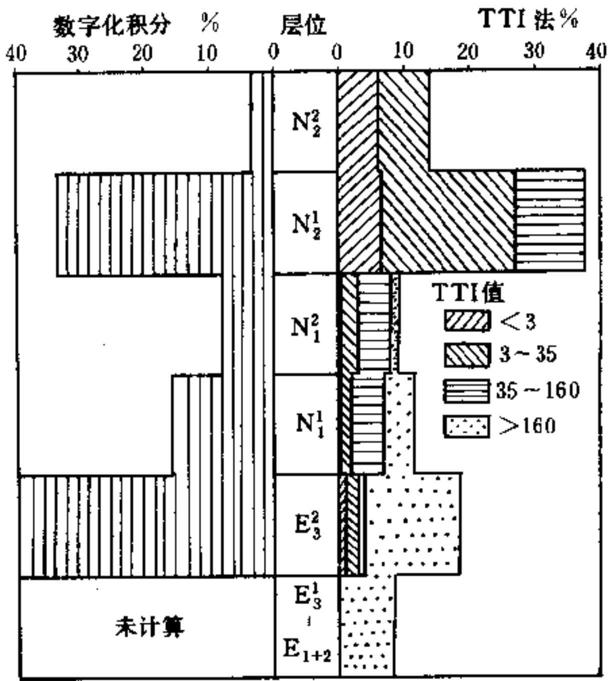


图1-11-6 不同成熟度资源量在地层剖面上的分布

三、盆地中部地区生油量计算

根据该区旱2井、鄂3井、碱2井、碱1井生油岩的研究资料，圈定了中、上新统生油岩面积3000平方公里，生油岩体积3278立方公里，根据平均烃含量187ppm，生油岩密度22.4亿吨／立方公里，两项计算参数，按残烃量计算公式进行了计算，所得总残烃生油量为13.73亿吨。按二类生油岩排聚系数，测算出该区的总生油量为18.31亿吨，初次运移量为4.58亿吨，聚集量为0.92亿吨。

四、分区评价及勘探方向

1）由有机质丰度类型及有效生油岩厚度分布可以看出，中、南区有着最好的生油层分布。生油岩的丰度高、类型好，生油量大，仅E_3～N_1残烃量达68.24亿吨，占总残烃量的50%以上，其中Ⅰ类生油岩的残烃量就占总残烃量的约40%，仅此我们就可能找到2.5亿吨的聚集量。因此深层勘探为我们在这里开辟了一个有希望的战场。这里，跃进地区已经获得了高产。由于狮子沟构造深层发现了高产油流，因此，有希望在深层拿到更多的地质储

量。

2）浅层 N_2^1 和 N_2^2 生油层，亦是一个值得重视的领域，它主要分布在北区，残烃量约有27亿吨。在以往的勘探中发现了一系列的小型浅油藏，如尖顶山、南翼山、红沟子等，因此，北区 N_2^1、N_2^2 浅层油气藏可能找到较多的 N_2^1 和 N_2^2 生油层的资源聚集量，但本区比较困难，因为大多是泥岩裂缝或薄砂层，缺乏好的储集层，因此，要加强岩相、储集层和裂缝发育带的研究，并采取有效的钻井、试油工艺措施，以获得更多的储量。

3）阿尔金山前断鼻带，这里的干柴沟 E_3 的洪积锥体含油，咸水泉 N_2^1 洪积锥体含油，红沟子 N_2^2 含油，以及七个泉 E_3 洪积锥体含油。说明接受过较大规模的油气运移，是山前深凹陷中 E_3^2 或 N_1 生油岩生成油气短距离运移的反映，而咸水泉、红沟子类型含油则很可能也包括了深层油气运移的结果，是由于上覆锥体无遮挡能力而造成的。在这一带深层找到工业性油流是有希望的。

第三节 勘探方向

一、有利油气勘探区和油藏类型预测

岩相变化较大是陆相沉积的固有特点，这就决定了油气运移主要在近距离内进行。由盆地现已发现的各类油气藏都分布于生油气凹陷或紧邻生油气层上倾部分的事实，也说明生油气凹陷对油气藏的主控作用。为此，对有利油气勘探区的确定，首先必须落实生油气凹陷的纵横分布，然后在这些凹陷或油气运移的指向上寻找各种类型的圈闭，结合有利的生储配置和储集相带，即可预测油气藏的可能分布和类型。

1.柴达木盆地北缘块断带

柴达木盆地的基底呈现东部为稳定性的元古代花岗片麻岩及花岗岩侵入体，西部为柔性的古生代褶皱基底的北缘为刚柔兼备的三分性，结合盆地所处区域背景和构造发展史，便决定了北缘块断带在中早侏罗世首先发生强列的断块运动，由平行于祁连山系的北北西向主断裂和共轭的北东向断裂相互切割，形成大小不等的断陷和断隆，局部沉积了暗色沼泽—浅湖相地层，其中规模相对较大的即可沉积一定的生油岩，决定了冷湖及鱼卡侏罗系生油凹陷及其周缘地区仍为主要的有利探区。近年在鱼卡以东红山断陷的红山二号构造上，于断层带的红色白垩系中见到了较多油砂，推测本区应有侏罗系生油层存在。为此，这个近400平方公里的断陷，也应给予应有的重视。在北缘块断带东端的德令哈断陷，总面积可达5000平方公里，根据边缘露头和地震勘探，说明本区存在具有一定生油气能力的侏罗系和可能生油层石炭系。结合少量探井中已获较好的天然气显示，以及石炭系亦为我国西北地区主要钻探目的层等事实，今后需适当加强综合物探，在搞清地下层系分布和构造的前提下进行钻探，预计获得油气的可能性较大。但由于整个北缘块断带生油气层分布的局限性及断裂发育、圈闭多而破碎的特点，本区油气藏应以小型断块和断鼻型为主。

2.柴达木盆地西部地区

盆地西部为第三纪坳陷阶段的主体沉积区，在沉积巨厚的 E_3^2～N_1^1 主力生油层以后，随即由于盆地西端的抬升，湖岸线迅速向北东迁移的结果，导致纵横向上多套生储层的叠合和位移。决定了盆地西部具有丰富的油源和多种油气藏的分布。英雄岭生油凹陷南侧的油砂山—狮子沟背斜带和尕斯断陷的广大地区，因在 E_3^2～N_1^1 主力生油层上下均有较好砂质储集层的叠合，并存在发育较早的同沉积构造和晚期喜山褶皱运动的改造，因此本区已发现了较多

的背斜为主控因素，砂质岩为储集层的“上生下储”和“下生上储”的多种油气藏。但在尕斯库勒油田以西的湖区和南乌斯一绿草滩油气藏以南的切克里克生油断陷以及尕斯库勒湖以东的阿拉尔断层上盘地区，由于地表和地下条件的限制，目前尚未搞清地下情况。深信在进一步以地震为主的综合物探工作的基础上，只要对各类圈闭进行落实，就能发现新的油气藏。因此，本区应为近期的主要探区。

在英雄岭生油凹陷西缘的阿尔金山斜坡区，根据地震和钻探的结果，证明本区岩性变化较大，相带甚窄，以侧变式成油组合的油气藏为主。且由于后期的隆升过高，一般均遭剥蚀和破坏，如干柴沟、咸水泉等鼻状构造。为此，本区应以寻找平行于阿尔金山的地下断层结合有利相带，以便发现上倾方向为断层遮挡的断鼻油气藏或断层遮挡的岩性油气藏。

英雄岭生油凹陷北侧的油泉子、南翼山、开特米里克和油墩子一带，呈具有多套生油层的叠合和丰富的油气资源。但远离物源区，缺乏可作储集层的砂质岩且构造形成较晚，这就决定了本区过去所发现的油气藏都以缝洞型浅油藏为主，从而作出了本区生储不配套和缺乏有效的油气古圈闭的认识。但从近年来狮子沟第三系大套膏盐层以下和南翼山中深部泥灰岩及钙质泥岩缝洞型井段获得高产油气流的事实来看，该区不但具有油气的资源优势，而且由于这些生油层段富含钙质，除本身存在一定的原生孔隙外，还有较发育的溶蚀孔隙。特别是当晚期喜山运动使之形成构造时，在背斜轴部脆性的富含钙质层段形成较多的张性断裂和裂缝，为油气的运移和储集提供了良好的条件。其上部塑性的膏盐层和泥质岩适为理想的盖层，致使油气得以富集而形成产能高、规模大的油气藏。因此，在柴达木盆地的特殊地质条件下，油气藏储量的大小和单井产能的高低，将取决于油源丰度、生油层排油期与构造发育期的配置、圈闭面积、运移条件和储集空间的大小等。决不能仅以有无理想的砂质储集层与生油层的配置以及形成构造的时期作出肯定或否定的结论。鉴于上述认识，对本区必须给予应有的重视。深信随着认识的深化，坚持勘探，在逐步搞清地下形态的前提下，本区将会有更多的、产量更高的这类油气藏被发现。

英雄岭生油凹陷东端，由于 $E_3^2 \sim N_1^1$ 主力生油层的质量变差，仅发现了少量的油气显示，可不作为勘探重点。

3.柴达木盆地东部地区

盆地东部为第三系的相对隆起区，未能沉积生油岩系，后因沉积中心自西向东的转移，以台吉乃尔、达布逊和涩聂湖为中心的近两万平方公里范围内，沉积了厚达 3200 米的第四系 Q_{1+2} 地层。其上部近 1600 米富含有机质的泥岩和碳质泥岩即为本区的生气岩，并与夹杂其间的胶结疏松的细砂岩及粉砂岩形成“自生自储式”成气组合，结合同沉积背斜圈闭，即可富集为天然气藏。因此，这两万平方公里范围内乃至其周缘地区，即为寻找天然气藏的有利场所。由于第四系仅受微弱的新构造运动的影响，构造平缓，断层极少。但从现有气田和发现的构造显示来分析，其分布仍有近东西向排列的方向性。应以现有气田为中心，以地震面积详查的要求，尽快发现和落实东西两侧的圈闭，为天然气藏的钻探提供依据。另外，在生气凹陷南缘的广大地区，即将开展地震勘探，以期发现与涩北一、二号相对应的构造带。只要能落实圈闭，经过钻探，有很大希望成为大气田带。按现在的系数预测，第四系天然气资源量还是相当可观的。深信在不久的将来，本区即可成为具有较大工业规模的第四系天然气区。

图 1-11-5　柴达木盆地油气资源评价图

Ⅰ—一类远景区；Ⅱ—二类远景区；Ⅲ—三类远景区；

1—构造单元分界；2—油田；3—气田；4—区带分界

第十二章 民和盆地和其它盆地

第一节 概 况

一、自然地理

青海省民和盆地位于东经 102°30′～104°，北纬 35°47′～36°50′，西起青海省乐都县，东至兰州市皋兰县，南以永靖县拉脊山、雾宿山为界，北抵永登县马牙雪山、天马山、哈拉库山。行政区划上隶属青海、甘肃两省管辖。盆地面积为 10568 平方公里，海拔达 1560～4000 米以上。地形比较复杂，主要是黄土高原被沟壑切割成中高～低山、丘陵和河川阶地地形。

盆地内水系属黄河上游。主要河流有四条:黄河流经盆地南缘；湟水纵贯中部；大通河位于盆地西部，在享堂峡注入湟水；庄浪河经马牙雪山、永登县至河口镇，与黄河汇集东流。河谷两岸山峰连绵，上覆第四纪黄土砾石，海拔在 2000 米左右，常为南北向冲沟切割，相对高差 100 米以上。

区内气候属大陆性，年平均气温 7.9～8.1℃，最高气温可达 35°（七月下旬），最低气温零下 23℃（一月下旬）。冻土层深 1.5 米左右，光照充足，光照时间长，无霜期 170～200 天左右。年降水量 350～650 毫米，属干旱～半干旱地带。6～9 月份为雨季，春季多风，风向多为西北或东南风，风力多为 2～3 级。

民和盆地是甘、青两省人口较多，经济比较繁荣，工农商业及交通等发展较快的地区之一。重要城镇有西北名城兰州市及皋兰、永登、河口、海石湾、窑街、永靖、民和、乐都等。居住民族以汉族为主，还有回族、藏族、土族、东乡族等，农业人口比较密集。主要粮食作物有春小麦及玉米、青稞、土豆等，经济作物有油菜子、胡麻、蔬菜、瓜果、烟叶等，山区还适合畜牧业、林业和少量中草药材的生产。兰州市工业较发达，大型企业有兰州化工厂、兰州炼油厂、兰州石油通用机械厂，另外还有永登水泥厂，刘家峡、八盘峡水电站及煤矿、铝厂等。

铁路有天兰、兰新、兰青、包兰等干线与全国铁路衔接；公路交通已形成市县区镇乡村公路网；由兰州航空港经国内航线，可直达北京及全国主要城市（图 1-12-1）。

二、石油地质勘探及油田开发简况

1.石油地质勘探历程及主要工作量

民和盆地的石油地质勘探工作，自 1935 年开始，断续至今已有 40 多年的历史。在地面地质、地球物理、钻井和综合研究方面，完成了不少勘探工作量，收集和积累了大量的资料，石油地质勘探取得了一定的成果。其勘探历程初步划分为三个阶段。

1）1935～1949 年，零星石油地质路线调查和局部地区地质调查、油苗发现阶段。

1935～1945 年，侯德封、孙健初、杨钟健等人，在皋兰、河口、永登、窑街及享堂一带进行调查，在石峡及红城子的片岩、板岩中发现了志留纪 *Pochyponaop Fevosites* sp.化石。同时在窑街等地，于窑街地层中获得化石，定时代为侏罗纪、白垩纪。

1946～1949 年，李树勋、王尚文、苗祥庆等人，先后在下旋子、马场垣、享堂、

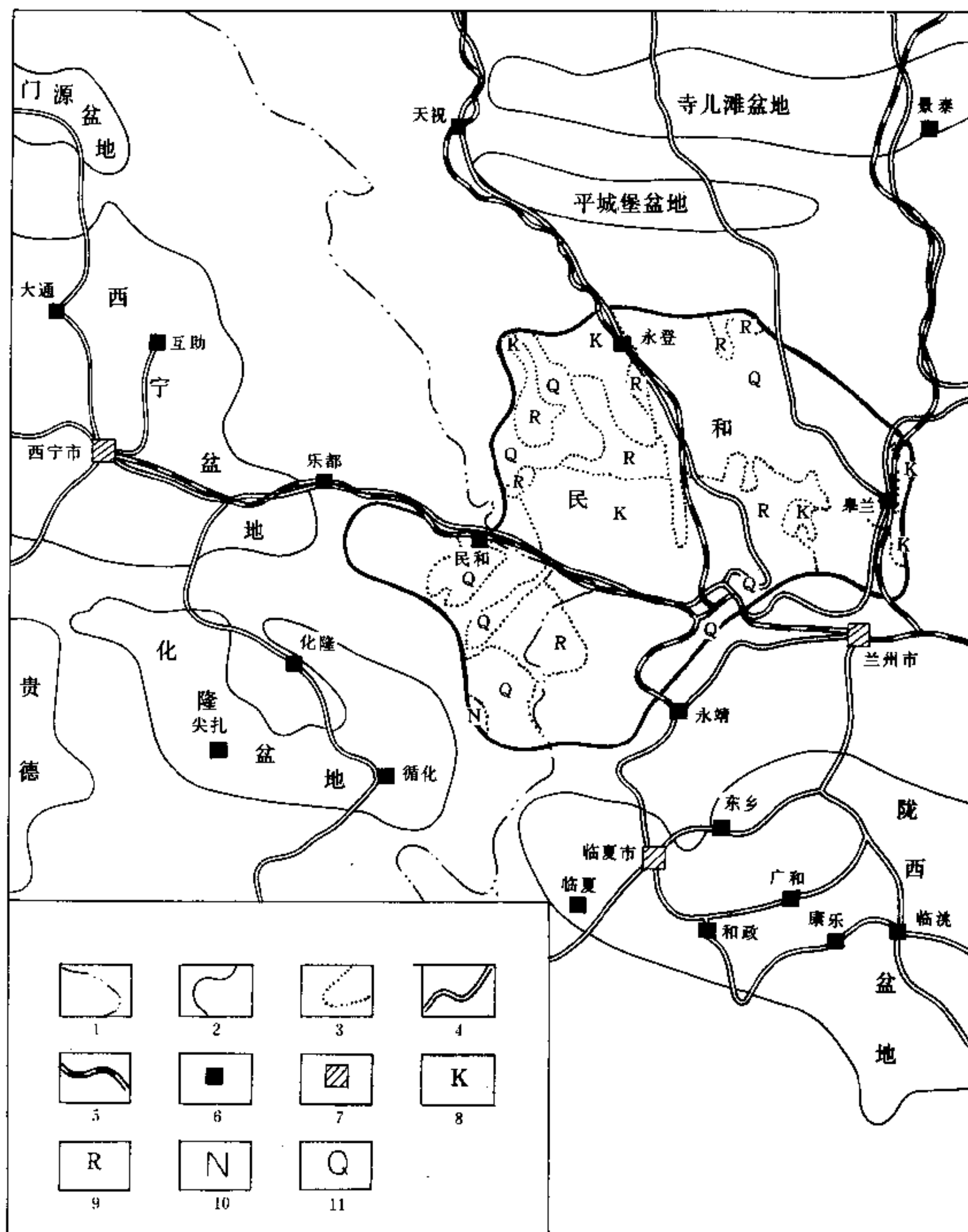


图 1-12-1 民和盆地位置图

1—省界；2—盆地边界；3—地质界线；4—公路；5—铁路；6—城镇；

7—省会；8—白垩系；9—第三系；10—上第三系；11—第四系

药水泉、皋兰一带进行万分之一、五万分之一地质制图工作，发现了张家山构造。在药水泉、马场垣及享堂以东，发现了油苗。在上盐沟侏罗系地层中采得恐龙及鳄鱼（*Sinosuchus miaoi yang*）化石，确定了属晚侏罗世时代，并认为窑街系为生油层，白垩系为储油层。哈拉库山南麓单斜带有储油之可能性。

2）1952～1960年，石油地质调查勘探阶段

1952～1956年，开始了对盆地进行较系统的石油地质勘探工作。先后组织了石油地质101队、青海石油勘探局116队等9个队（地质6个队、重力3个队），进行石油地质调查勘探。地质普查在大通河、庄浪河及黄河两岸一带进行。重磁力普查在西起乐都哈拉库山，东到庄浪河及黄河两岸，包括了盆地主要范围内进行。对张家山、虎头崖构造进行了重力详查，地质细测了享堂单斜、虎头崖、张家山构造。专题研究与综合研究主要集中在中央带西缘享堂、张家山附近。认为窑街群为可能生油层，享堂群中部及第三系下部为主要储油目的层。

在1953～1956年间，虎头崖构造共钻井17口，发现了虎头崖油田。在海石湾单斜西边之享1井，钻至侏罗系顶部及张家山构造之张1井钻达白垩系下部均未获油流。

1958年12月～1959年，玉门石油管理局再度对民和盆地进行了勘探。组成地质一队和电法一队，对药水泉至下花庄间8个构造进行了1：25000地质详查、地形测量工作和部分电法详查，对海石湾、下旋子构造进行了钻探，先后钻浅井6口、中深井两口，在海3井获得了日产335升的油流。

截止1960年，民和盆地大部分勘探工作量主要集中在虎头崖构造上。先后在张家山构造、虎头崖构造和享堂、海石湾单斜带上，钻浅和中深井共43口，进尺25082米。

3）1969～1979年，为石油地质普查、局部构造详查、加强地球物理勘探及综合研究阶段。

1969年地质部石油局所属石油地质研究院西北分队，对民和盆地进行了综合研究。1970年10月，青海省民和县石油厂组建，在虎头崖油田（民和油田）恢复生产，采油至今。

1971～1972年间，青海石油管理局研究队，在协助民和县石油厂恢复油田生产的同时，对虎头崖油田及其附近地区，进行了部分研究工作，编制了民和盆地虎头崖油田1：10000地形地质图（图1-12-2）。

1976年，甘肃省石油地质研究所在甘肃省境内的北部坳陷区，进行了部分地质调查和研究工作。

1975～1979年期间，兰州市所属海石油田在玉门石油管理局支援下，在上海石至下海石地区进行了钻探。

1971～1979年期间，青海省地质局所属石油普查大队在青海省境内的南部坳陷带（巴州坳陷带），进行石油地质普查、局部构造详查、重磁力、电测深及地震反射等部分物探工作。并钻参数井3口、深探井8口、中深探井1口，具体钻井情况详见表1-12-1"民和盆地1971～1978年部分区域钻井基本数据表"。对民深2井、民深5井进行了试油，详见表1-12-2"民和盆地部分探井试油情况表"，并进行了综合研究。1979年该队编写出了"民和盆地巴州坳陷石油地质普查总结报告"。

1971～1978年，民和盆地巴州坳陷石油地质普查工作量详见表1-12-3"民和盆地巴州坳陷1971～1978年石油地质普查工作量统计表"。

截止目前，盆地内进行的物探工作，包括地震普查、重磁力测量及电测深剖面完成工作量及情况是：完成地震反射剖面418.185公里（包括重复工作量在内），除去重复剖面及

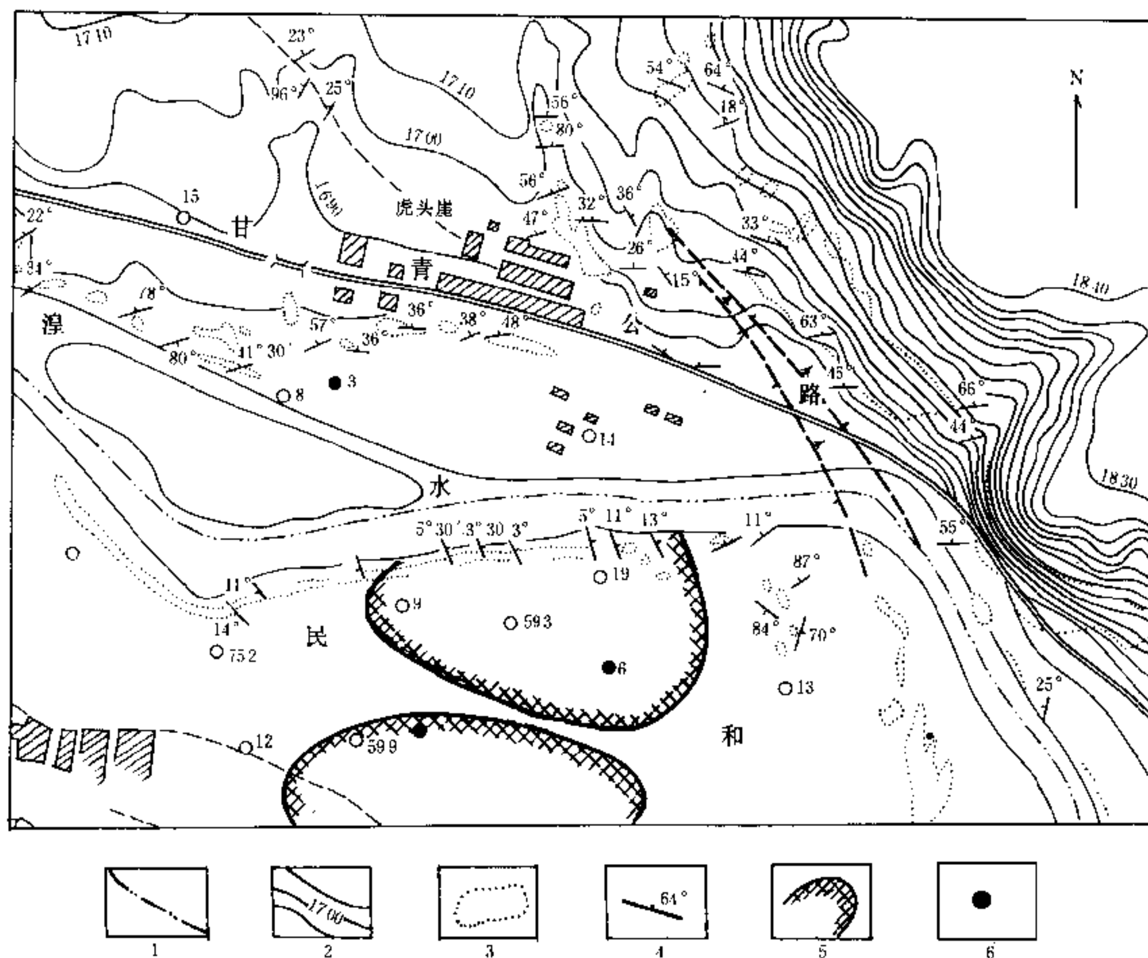


图1-12-2 民和盆地虎头崖油田地形地质图

1—省界；2—地形等高线；3—地质界线；4—地层产状；5—油田区；6—井位

废品，有效工作量仅175公里（17条剖面）。总的来看，工作量均在南部坳陷范围内，同时剖面质量普遍很差。加之盆地地表、地下的地质条件和地形都很复杂，所以地震勘探工作没有取得明显的勘探效果。重磁力普查面积只作了4342平方公里，并存在着质量与精度问题，电测深仅完成4条，总长133.2公里。所以盆地的物探工作总的是比较差的。

2.石油地质勘探主要成果

通过40多年的勘探工作，首先确认了民和盆地是祁连褶皱系东端的一个山间盆地（图1-12-3），属于祁连褶皱系中祁连隆起带上的断陷盆地，并确定了盆地边界。在盆地中先后发现和找到了虎头崖穹窿背斜、巴州鼻状构造、张家山背斜等32个构造。截止1979年，至少在57处发现了油苗，地面油苗分布范围大、产状多、级别高、分布层位广（具体油苗出露情况详见表1-12-4之（1）、（2））。同时建立了民和盆地中、新生代的地层层序（详见表1-12-5“民和盆地地层层序简表”）。

表 1-12-1 民和盆地 1971～1978 年区域钻井基本数据表

构　造	井　号	井　别	完钻井深 m	井底层位	油气显示	备　注
虎头崖	民深 1	预探	1776.10	J_{2y}	420～1775 米见油浸油斑砂岩	
民和单斜带	民深 2	预探	2335.0	J_{1dx}	在 J_{2x}、J_{2y} 地层中见油层 8 层	
民和单斜带	民深 3	预探	1976.0	Z	1212～1837m 见 7 段含油气井段	
虎头崖	民深 4	预探	1586.44	Z	34.5～1502m 见含油砂岩 26 层	
民和单斜带	民深 5	预探	1616.19	Z	1194～1228、1544～1554m 为含油气段	
骆驼山	民深 6	预探	2903.40	K_{1h}		钻进中发生 27 次事故，井斜过大
路家堡	民深 7	预探	1510.53	Z		
巴州鼻状	民参 1	参数	3923.87	J_{1dx}	3340～3799m 见含油砂岩 12 层	因卡钻事故完井
西巷	民参 2	参数	2455.17	K_{1h}	1886～1896m 井段槽面见针尖状气泡	因卡钻事故完井
大庄	民参 3	参数	2941.85	K_{1h}	1580～1980m 见含油砂岩 10 层	钻进中多次发生事故
五房庄	民深 8	预探	2378.40	J_{3d}		事故完井
民和单斜带	民 1	预探	813.24	J_{3d}		事故完井

截止目前先后在盆地内 10 个构造及地区进行了钻探。据现有资料统计，民和盆地共钻各类井 55 口，进尺 51298.19 米，钻井取芯进尺 4930.21 米，岩芯长 3506.76 米，收获率为 71.1%。试油 14 口井，49 个层组 552.5 米厚。通过钻井、试油、试采和综合研究，确认窑街群（J_{2y}）是民和盆地的生油岩系，主要储油层位是享堂群（J_2x）大通河群（J_3x），其次是窑街群（J_{2y}）及区域上的河口组（k_{1n}）下部。并在盆地中找到了虎头崖油田，发现了海石湾单斜油藏。

（1）虎头崖油田　虎头崖油田位于巴州坳陷北缘虎头崖构造，是一穹窿状背斜构造（图 1-12-4）。1952 年，原西北石油管理局所属单位，经重力测量发现，当年进行了 1∶10000

表 1-12-2　民和盆地部分探井试油情况表

井　号	层位	井　段 m	层数	厚度 m	试油结果			综合定名	备　注
					油 t/d	水 t/d	地层压力 atm		
虎 8 井	J_3d	810.5～821.0	1	10.5	1.3	39.5	91.4	油水同层	
		827.5～839.6	1	12.5				油气显示	大量出水
		843.5～847.5	1	4.0				油气显示	
		855.0～863.5	1	8.5				油气显示	
虎 9 井	J_3d	294.0～305.0	1	11.0	261.36		18	油层	气 9.44m^3/d
		340.0～352.5	1	12.5	234.48	44.14	25.36	油水同层	
		386.0～401.5	1	15.5	291.6		39.31	油层	气 6.28m^3/d
		403.5～414.5	1	11.0	364.8		41.26	油层	
		905.0～919.0	1	14.0	252.36	248.75	85.85	油水同层	
		925.0～938.0	1	13.0	4.5	560.0	88.8	油水同层	
虎 14 井	J_3d	778.0～794.5	1	16.5		50.5	83.17	油气显示	
虎 19 井	J_3d	419.5～439.0	2	14.5	463.0	2728.0	34.44	油水同层	
	J_2x	518.0～531.0	1	13.0				油水同层	气 11674m^3/d
		625.0～635.0	1	10.0				油水同层	
海 3 井	J_3d	817.7～854.5	6	17.0	油花	332		油水同层	
	J_2x	864.0～876.0	2	10.5	8.0	154		油水同层	
		888.4～957.2	4	7.1	246.0	745.0	84.14	油水同层	
		1015.0～1223.0	9	24.5	125.0	783.0	97.26	油水同层	
民深 5 井	J_2y	1544.4～1547.4	1	3.0	23	45		油水同层	
		1576.03～1577.47	1	1.44	油花	16		含油水层	
海 6 井	J_3d	216.5～321.0	4	16.6	189	112		油水同层	气 4850m^3/d
	J_2x	453.0～564.0	8	18.5	4.5	227		油水同层	气 179m^3/d
		591.0～612.0	4	13.5	油花	13570	55.85	油水同层	
民深 2 井	J_2x	1780.5～1786.0	1	5.5	油花	少量		油水同层	
		1799.0～1807.4	1	8.4	40	60		油水同层	
		1873.6～1876.8	1	3.2	油花	100		油水同层	
		1924.6～1961.0	4	17.5	少量	3600		油水同层	
	J_2y	2124.2～2127.2	1	3.0	油花	少量		油水同层	

表 1-12-3 民和盆地巴州坳陷 1971～1978 年石油地质普查工作量统计表

项　　目	工 作 量	备　　注
钻　　井	参数井 3 口、深井 8 口、中深井 1 口、总进尺 26216.19m	取芯进尺 32.31m，芯长 20.26m，收获率 62.7%
电测深剖面	4 条 133.20km	统计仅限巴州坳陷
重磁力测量	1／10 万普查面积 4342km² 1／5 万详查面积 466km²	普查面积包括巴州坳陷的周边
地震反射剖面	37 条剖面（其中两条为 6 次叠加剖面），剖面 175km	重复剖面仅计算一队工作量，废品资料未计工作量
地质填图及综合研究	1／5 地质填图面积为 2210km²。地质、物探专题研究报告、年终技术工作小结 29 份	
试　　油	民深 2 井 5 个层组 8 层 37.6m 民深 5 井 4 个层组 4 层 16.18m	

地面地质细测。从 1954～1975 年 23 年中总计钻各类井 30 口，总进尺 19249.4 米，其中 11 口井进行过试油，产油层位是上侏罗统大通河组（J_{3d}），其次为中侏罗统享堂组（J_{2x}），而民深 4 井钻遇中侏罗统窑街组（J_{2y}）时亦见有油砂。虎头崖属背斜层状油藏，并有裂缝发育。在大通河群（J_{3d}）钻遇含油层 8 层，厚 48 米，含油井段长 74 米。享堂群（J_{2x}）钻遇含油层 5 层，厚 43.5 米，含油井段长 189 米。取出岩芯裂缝中含沥青。经试油产能为 3 立方米／日左右，少量气。

虎头崖油田构造面积为 2.5 平方公里（长轴 1.3 公里，短轴 0.8 公里，闭合度 50 米），是一个溶解气驱低压的小油田。

（2）海石湾单斜油藏　海石湾位于民和盆地巴州坳陷北缘单斜带上，截止 1979 年共钻各类井 16 口，其中有 10 口井均见不同程度的油气显示。海 6 井经试油和酸化改造，原油产量达 4.85 立方米／日。

3.油田开发生产简况

虎头崖油田是从 1954 年陆续投入试油、试采工作。该油田先后钻井 30 口，其中见油流的井 13 口（虎 6、7、9、10、11、12、19、21、594、595、751、752、民深 4 井），见少量油花的井 3 口（虎 8、13、753 井）。单井日产油达 200 升以上的井仅 5 口，单井累计产油量达到 600 吨的井 2 口（虎 19 和 595 井）。单井累计产油量为 100～200 吨以上的井有 6 口，即虎 7、9、12、21、751、594 井。截止 1984 年 8 月，全油田累计生产原油约 7500 多吨(采出程度为 8.36%)，目前油田仅有一口井(虎 19 井)尚在生产，年产油只有 170～180 吨。

采油方式均为抽油机抽油和提捞生产，无自喷能力。生产过程中曾对部分油井进行过酸化、压裂及油井大修等增产措施，取得了明显的增产效果。

虎头崖油田的油层物性较差，孔隙度一般为 10.42～21.58%，渗透率为 0～42 平方微米，是低渗透的小油田。

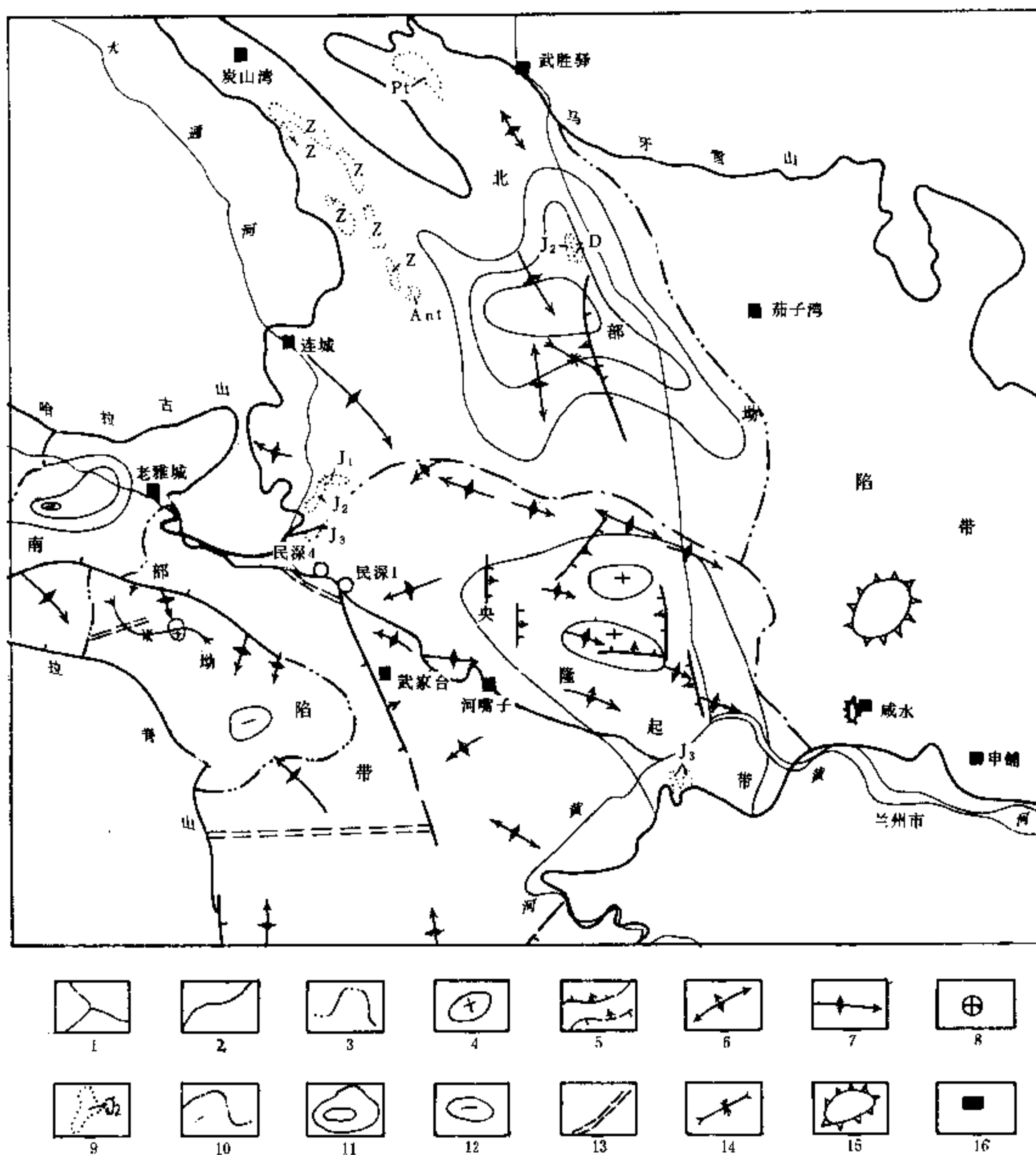


图 1-12-3　民和盆地构造图

1—河流；2—盆地边界；3—三级构造单元界线；4—重力高；5—实测推测断层；6—背斜；7—鼻状构造；8—探井井位；9—地质界线；10—二级构造单元界线；11—重力等值线；12—重力低；13—物探资料推测断层；14—向斜；15—穹隆构造；16—居民点

表 1-12-4-（1） 民和盆地地面油苗调查统计表

	地 点	层位	产 状	含油岩性名称	描 述	荧光干照	氯仿溶液
民和县	核头庄乡药水泉	J_{2y}	层 状	灰色粉砂岩	氯仿浸泡具荧光显示	无 色	乳白色
		Z、J_{2y}	断层节理	Z：石英岩、J_2y 砂岩	断层节理面上见沥青	无 色	深褐色
	川口乡路司沟	Z	断 层	石英岩和其它变质岩	断层附近节理面见沥青	无 色	深褐色
	湟水北岸	J_2x	层 状	灰黑色细-粉砂岩	该层普遍含油	黄 色	深褐色
	享堂大通河西	J_3d	层 状	灰绿色长石石英细砂岩	含油不均匀	无 色	黑褐色
	享堂大通河东岸	Z	节 理	绿色变质岩	沿节理普遍见较多沥青	无 色	深褐色
		J_2x	节 理	棕色长石石英细砂岩	沿节理见沥青	黄 色	浅褐色
	大通河东铁路	J_3d	层 状	绿褐色长石石英细砂岩	油味浓、含油不均匀	浅 黄	黑 褐
兰州海石湾北	李家户沟	J_2x	节 理	灰绿色砾岩	节理、方解石脉见沥青	无 色	浅褐色
	王家户沟	J_2x	层 状	褐色中-粗长石石英砂岩	具油味	无 色	深褐色
	水渠洞内	J_2x	节 理	砂、泥岩互层	沿节理多处渗原油	无 色	褐 色
	喇嘛沟	Z	断 层	灰绿色变质岩	沿节理面见沥青	无 色	褐 色
		J_2y	层状、节理	浅灰黄色细砂岩	砂岩具荧光显示	无 色	无 色
		J_2x	层 状	浅棕黄色长石砂岩	具荧光显示	无 色	无 色
		J_3d	层 状	浅黄色云母长石细砂岩	油味浓，含油不均匀	黄 色	深褐色
	上盐沟	J_2x	节 理	黄绿色砾岩	节理方解石脉见沥青	无 色	浅褐色
		J_2x	层 状	灰黄色长石细砂岩	含油、普遍具油味	黄 色	浅褐色
		J_2x	断 层	暗绿黄色长石石英细砂岩	含油、普遍具油味	浅 黄	褐 色
		J_2x	层 状	暗灰色细-中粒长石砂岩	色暗者具有油味	浅 黄	深褐色
兰州红古乡	下旋子	K_1h	节 理	灰白色长石石英细砂岩	沿节理有沥青及油迹分布	无 色	浅 黄
		K_1h	层 状	灰色长石石英砂岩	含油不均、沿节理具沥青	无 色	褐 色
	下旋子煤硐	J_2y	节 理	煤层与顶板灰色泥岩之间	渗出黑色带绿色原油		
	牛克沟	K_1h	节 理	浅灰色粉-细砂岩	沿节理面见沥青	无 色	褐黑色
民和县与场垣乡	上 庄	J_3d	节 理	浅棕黄色粉砂岩	沥青沿节理分布厚 2mm	黄 色	黑褐色
		J_3d	层 状	浅棕长石石英粉砂岩	含油不均，节理见沥青	黄 色	深褐色
	香水沟	K_1h	层 状	浅黄色长石石英中砂岩	含油不均黑斑状	无 色	浅黄褐色
		K_1h	节 理	灰黑色长石中-细砂岩	节理面上见沥青	无 色	浅黄色
	马聚垣东	K_1h	层 状	浅灰褐色长石石英砂岩	含油不均、斑状、具油味	橙黄色	深褐色
	嘴子村	J_2y	层 状	灰色长石石英细砂岩	普遍含油、节理面见沥青	浅黄色	褐 色
窑街	獐儿沟	J_2x	层 状	灰黑色长石石英砂岩	含油不均、黑色者含油	无 色	黑 色
	炭洞沟	Z	节 理	绿色片岩		无 色	黑褐色

表 1-12-4-（2） 民和盆地地面油苗调查统计表

层位 \ 油苗产状类型	产状			类型				发现油苗总数
	层状	节理	断层	原油	油砂	油迹	沥青	
K_{1h}	8	4			8		4	12
J_{3d}	6	1			6		1	7
J_{2x}	20	6	3	2	21	2	4	29
J_{2y}	3	1		1	1	2		4
Z		2	3				5	5
发现油苗总计	37	14	6	3	36	4	14	57

表 1-12-5 民和盆地地层层序简表

系	统	群(组)	代号	接触关系	厚度变化，m
第四系			Q		
上第三系		贵德群	$N_{1+2}gd^3$		
			$N_{1+2}gd^2$		185～609
			$N_{1-2}gd^1$		217～472
下第三系		西宁群	Exn^3		197～527.5
			Exn^2		89～351
			Exn^1		73～568.8
白垩系	上统	民和组	K_2m		37～363
	下统	河口组	K_1h^6		165～2253
			K_1h^4		130～1164
侏罗系	上统	大通河组	J_3d^5		57～245
			J_3d^4		60～263
			J_3d^3		120～248
			J_3d^2		93～153
			J_3d^1		224～374
	中统	享堂组	J_2x^3		34～144
			J_2x^2		96～208
			J_2x^1		38～140
		窑街组	J_2y^3		23～35
			J_2y^2		26～67
			J_2y^1		7～36
	下统	大西沟组	J_1dx		83～199
三叠系		炭洞沟组	T		113
中下古生界		南山群	Pz		不详

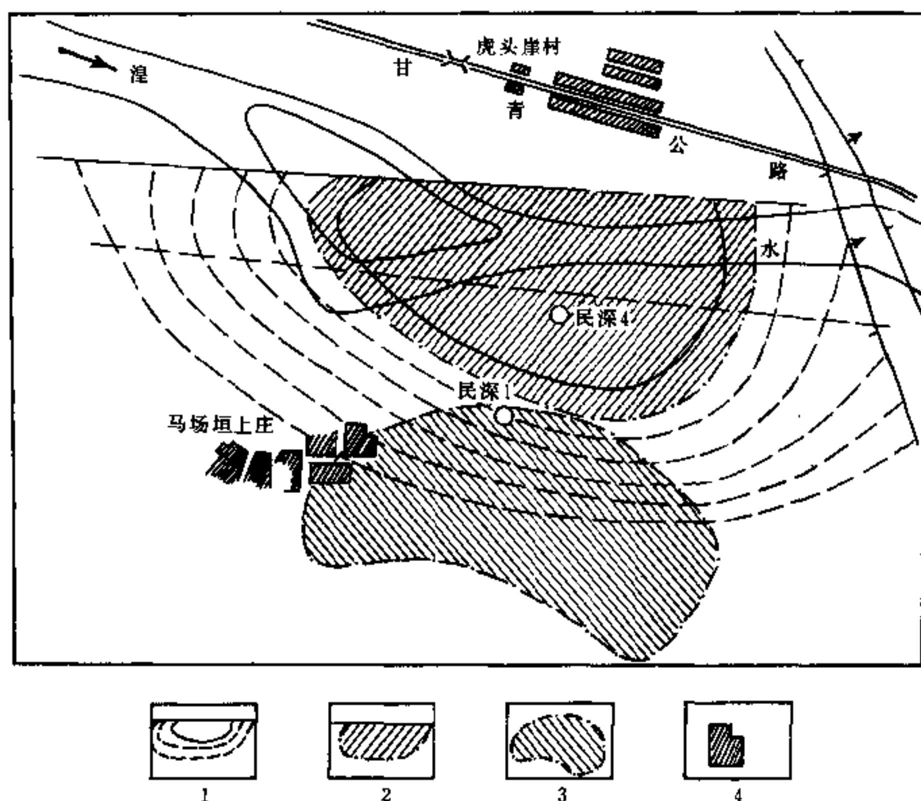


图 1-12-4 虎头崖油田构造图

1—K_{B_4} 构造等高线；2—K_{B_4} 含油面积；3—K_{B_2} 含油面积；4—居民点

第二节 中、新生代地层沉积史

民和盆地是祁连加里东地槽东端的一个山间盆地。祁连山在中早古生代时皆为海相地槽型建造，因加里东运动，地槽开始回返而褶皱成山。拉脊山以南，自青海日月山南至千户、化隆、甘肃榆中一带，即中祁连隆起带，有一条走向北西西，宽 20～30 公里，由前震旦纪片麻岩组成的狭长地带，其上部分缺失古生代沉积。自三叠纪后，盆地经历了五个沉积期和相应的五次构造运动，使盆地的构造形态逐步发展至今。

一、地质发展史

三叠纪开始，盆地开始下沉，接受陆相碎屑沉积，目前残留的三叠纪地层，出露在窑街炭洞沟及长岭等地，多是小块露头，岩性差异大。

三叠纪末，由于印支运动的影响，三叠纪地层强烈褶皱，经过一度侵蚀，盆地大部下沉，沉积了中、下侏罗统。岩性以褐棕、灰绿色泥岩与紫灰、灰绿色砂岩互层；黑褐色油页岩、灰黑色页岩夹浅灰绿色砂岩和煤层等为主。化石丰富，是还原环境下的湖相沉积。古气候为半潮湿-潮湿-半潮湿，岩相为河床相-浅湖、半深湖及沼泽相—河漫滩、河流相。具鲕状结构，含菱铁矿结核、条带及黄铁矿。由于当时生物繁茂，湖水逐渐变深，适于油气的生成（详见表 1-12-6“民和盆地中、下侏罗统沉积特征表”）

上侏罗统在盆地山麓及永登一带均见有分布，其沉积范围较中、下侏罗统有一定程度的扩展。上侏罗统岩性以砂岩为主，间夹泥岩。当时气候温和，河流发育，鳄鱼等动物得以生存和栖息，但环境已不及中、下侏罗世稳定，时有节奏性的升降运动。

侏罗纪末燕山运动产生一系列的褶皱和走向各为东西及南北的两组断裂；白垩纪盆地是一个走向北西西的椭圆形状，其范围为西至乐都，北至龙寿山，东至河口以东，南至拉脊山边。盆地中心已转移至河口附近。下白垩统下部是灰绿色页岩、泥岩及粉砂岩间互成层，上部则以棕红色砂砾岩为主，含石膏。下部地层中见植物及鱼类化石。上部广泛见有波状交错层、干裂及虫孔。

白垩系沉积过程中，由于侏罗系断裂继承活动的影响，各区下沉速度均不相同，沿哈拉库山向东，各南北向阶梯状断块向东下陷，致使地层厚度及岩性差异很大。

早白垩世后，一度经受侵蚀，盆地迅速下沉，周缘山岭更加明显，沉积上了白垩统的砂砾岩层。白垩纪末期的四川运动，由于断裂和上升运动使白垩纪盆地中部整个掀起，形成了哈拉库山，与张家山以北一线为背斜轴的复式背斜层（即河口隆起）。使盆地初步具备了现今时期盆地的形态。虎头崖等构造就是在这一时期形成的。

第三纪时期，白垩系复背斜继续隆起上升，因而第三系沉积仅东部河口岗子村间有一缺口连通南北两个沉积盆地，岩性以棕红色泥岩、砂岩为主，夹石膏层。当时湖盆比较稳定，蒸发作用占优势。

第三纪末期，经喜马拉雅运动，使第三纪地层继承旧构造线继续活动，加深了构造幅度。小钱家以北之黑喇嘛坳陷，在南倾单斜上产生了北崖子等表皮构造。

第四纪本区沉积了大量黄土砾石，其活动是以大区域的上升隆起为特点。

二、地层

民和盆地自元古代以来，沉积了很厚的沉积岩层。三叠纪以前的地层均已变质，未经变质的沉积盖层厚达 5000～7000 米。由于盆地活动频繁，地层沉积常有间断，普遍缺乏上古生界地层，而且各系地层分布范围并不继承重合（图 1−12−5）。

除在基底岩系中见有火成岩外，盖层沉积中未见有岩浆活动。

1.基底的岩性、时代

组成盆地的基底岩系，可见于盆地边缘哈拉库山、拉脊山、天马山及马牙雪山等地。由千枚岩、黑云母片岩、结晶石英岩等组成，中夹变质中性及基性火成岩。兰州北塔山、安宁堡一带与盆地西侧的哈拉库山所见者变质较深，以片麻岩、石英片岩为主。

前者为下古生界南山系（$P_{z1}N$），属加里东期的褶皱带，推测盆地北部坳陷和南部坳陷的基底是由下古生界变质岩系组成，具褶皱基底性质。后者自青海日月山南向东至化隆、榆中，与陇西地块相接，是一个古老的震旦纪地轴。其接触关系不清，但河口隆起处于中祁连隆起带的东端，由下元古界皋兰统及震旦系组成了盆地的基底。

2.晚三叠世炭洞沟统（T）

出露于拉脊山东沟及窑街一带，以炭洞沟出露最好，岩性为灰绿色云母砂岩与暗紫红色砂质泥岩互层，砂岩具交错层理，中夹沥青脉。上部与下侏罗统呈不整合接触，底部与第三系呈断层接触，残留厚度 113 米。

3.侏罗系（J）

（1）下侏罗统大西沟组（J_{1dx}）　分布于窑街等地，岩性为棕紫、褐棕、灰绿色泥岩、粉砂质泥岩夹紫棕色砂岩，厚 83～199 米。含碳屑及植物化石、含沥青。

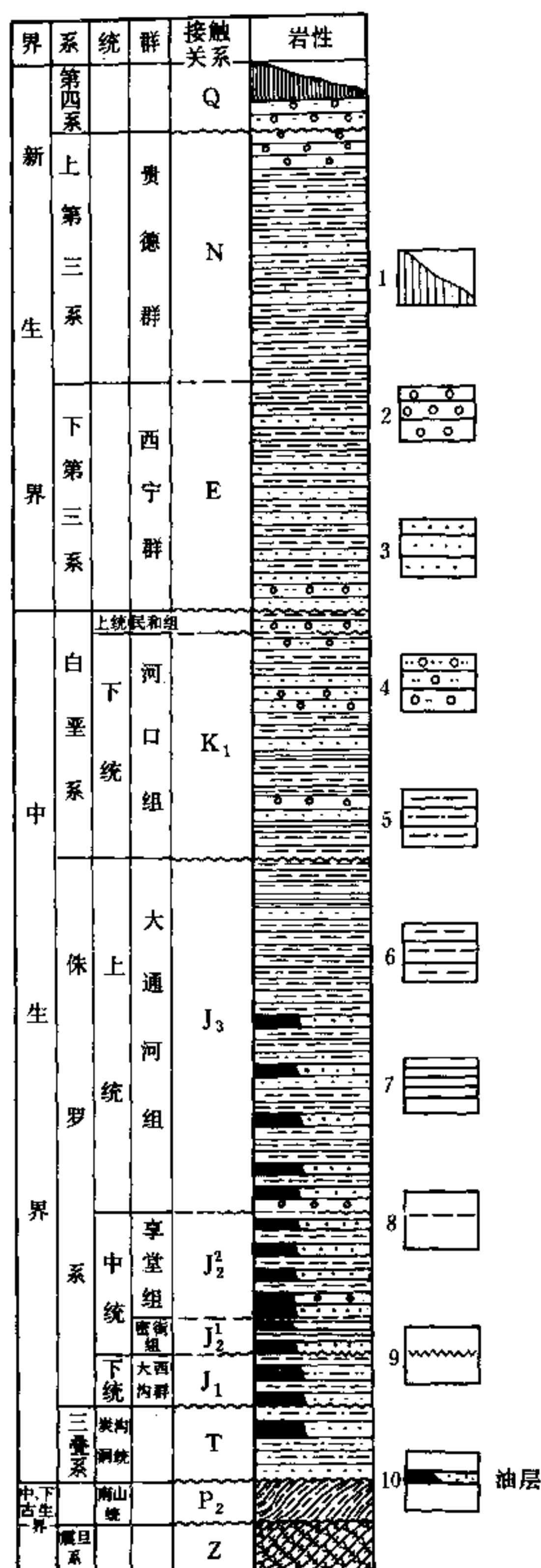


图 1-12-5 民和盆地巴州坳陷地层柱状剖面图

1—黄土；2—砾岩；3—砂岩；4—含砾砂岩；5—砂质泥岩；6—泥岩；7—页岩；8—假整合；9—不整合；10—油层

(2) 中侏罗统窑街组 (J_{2y}) 主要分布于窑街、下旋子、喇嘛沟及民和药水泉等地。化石组合有达尔文介—圆星介组合、开口轮藻组合，孢粉上组合为木沙罗孢—金毛狗组合；下组合为冠翼粉—脑形粉—旋脊孢组合。窑街组 (J_{2y}) 底部与大西沟群 (J_1dx) 为假整合—不整合接触。按岩性特征自下而上窑街组又可细分为三层：

J_2y^1 灰绿、灰白色砂岩、砾岩及煤层，横向变化大，厚 7～36 米。

J_2y^2 黑褐色油页岩、灰黑色页岩夹浅灰绿等色砂岩，厚 26～67 米，夹薄层透镜状菱铁矿。

J_2y^3 灰绿、棕褐色泥岩夹灰、灰白、浅灰绿色砂岩，含油，厚 23～35 米。

(3) 中侏罗统享堂组 (J_2x) 主要分布于窑街、享堂、喇嘛沟、海石湾、及永登、拉脊山北麓等地。化石组合有达尔文介组合、开口轮藻组合及克拉索粉—波缝孢粉组合。地层中夹劣质煤线及菱铁矿结核。本组与窑街组 (J_2y) 呈假整合接触，按其岩性自下而上享堂组 (J_2x) 又可分为三层：

J_2x^1 浅灰绿、灰白色砂岩、砾岩与棕褐色泥岩互层，含油。厚 38～140 米。享堂组地层划分见表 1-12-10。

J_2x^2 红棕、褐棕灰绿色泥岩与灰绿、紫灰色砂岩互层，含油。厚 96～208 米。

J_2x^3 褐棕、红棕色泥岩与紫灰等色砂岩互层，含油。厚 34～144 米。

(4) 上侏罗统大通河组 (J_3d) 分布于享堂、大通河、喇嘛沟、窑街等地。化石组合有达尔文介—民和介—狼星介—景谷介—原湖花介组合、层环孢—内环孢粉组合；民和轮藻—中生轮藻组合，伴有开口轮藻和瘤棒轮藻及开口轮藻组合。化石有恐龙及鳄鱼化石。中下部砂岩含油，油味甚浓。上部具波痕、干裂及交错层，常见有沉积中断及古河床遗迹。中、上侏罗统之间为假整合—不整合接触。灰白、黄绿、棕褐色块状或厚层状砂岩与暗紫色、棕色、灰黄色泥岩

表1－12－6　民和盆地中、下侏罗统沉积特征表

层位			接触	厚度	古	沉积特征		岩相	生储盖组合		油气显示
统	群组	代号	关系	m	气候	原理	指相矿物				
		K									
中侏罗统	享堂组	J_2x^3		28.1～261.0	半潮湿气候	微细波状层理，波痕	钙质结核及团块，少量星散状黄铁矿	河流河漫滩相	砂岩储集层	泥岩盖层	含油砂岩油斑
		J_2x^2		76.88～358.00							含油砂岩原油
		J_2x^1		25.1～140.20		大型斜层理、交错层理		河流相	储集层段		含油砂岩，原油、油斑沥青
	窑街组	J_2y^5		11.32～58.90	潮湿气候	微细交错层理、交错层理	分散黄铁矿及菱铁矿结核	河流湖滨相			
		J_2y^{3+4}		29.5～295.3		微细水平层理	菱铁矿条带透镜体	浅湖～半深湖相	生油段		裂隙含油、沥青
		J_2y^2		12.5～119.6		微细交错层理、波状层理	分散菱铁矿、菱铁矿结核	沼泽相	次要储集层段		含油砂岩
		J_2y^1		2.0～39.3		无层理或斜层理		河床相为主			高压气显示（？）
下侏罗统	大西沟群	J_1dx		0～>536.7	半潮湿气候		具鲕状结构钙质结核	洪积河流相(岩相变化大)			炭洞沟内见有沥青
三叠系	炭洞沟统	T									
震旦系		Z									窑街石－2号平硐见有沥青

互层，厚200多米，向东南方向有变细增厚趋势。

4.白垩系（K）

白垩系地层广泛分布于盆地中央隆起带，是一套红色碎屑沉积，按岩性及接触关系、化石组合，可分为上白垩统民和组（K_2m）和下白垩统河口组（K_1h），在下白垩系河口组（K_1h）顶部还采得下白垩统化石叶肢介、叶须虫和介形虫。其底部与侏罗系为不整合接触。

(1) 下白垩统河口组（K_1h）　出露于海石湾单斜、红古城到河口一带。地层向东变细、增厚；岩性上部为红棕、棕、桔红色含砾砂岩、砂砾岩夹棕色泥岩，下部为棕、褐棕、浅灰绿色泥岩或杂色页岩及浅灰、棕色砂岩、砾岩。下部含油。化石组合有女星介—准噶尔介—枣星介组合、中生轮藻、开口轮藻组合，孢粉上组合为内环粉—隐孔粉—棒纹粉组合、下组合为无突肋纹孢—内环粉—云杉粉组合。厚300～3400米左右。该组地层顶部常见于

裂、虫孔、波痕等沉积特征。

(2) 上白垩统民和组 (K_2m) 出露在中央隆起带边部享堂至王家河子、小钱家等地。岩性主要为棕红色块状砂砾岩、砂岩，含钙质结核，具交错层理及灰红色中粒砂岩、砾岩与棕红色砂质泥岩互层，交错层发育，产介壳类化石。化石组合有冠女星介—女星介—开通介—圆形介组合、宽轮藻—格氏轮藻—扁球轮藻组合、希指蕨—被子植物—克拉索粉组合。厚37～363米，其下与河口组 (K_1h) 呈假整合—不整合接触。

5.下第三系 (*E*)

整个盆地均有出露。下部岩性为红棕、黄棕色砂砾岩夹褐棕、棕色泥岩及石膏层，向上岩性变细，并由砂、泥岩互层过渡到浅红棕、褐棕色泥岩夹浅棕、浅黄灰色砂岩及石膏层。化石组合有土星介—金星介—真星介组合，球状轮藻—扁球轮藻—梅球轮藻组合。厚350～1400米。其下与白垩系为不整合接触。

6.上第三系 (*N*)

主要出露在野狐城东面及古鄯等地区，岩性为浅棕黄、黄棕色泥岩夹薄—中层粗粒砂岩，底部有灰白色块状砂岩及砾状砂岩，上部是浅黄棕、棕黄色砂质泥岩夹灰黄、浅灰棕色砂岩及砾岩透镜体。厚400～1000米。与下第三系(E)呈假整合接触。

7.第四系 (*Q*)

盆地中广泛分布，岩性主要为黄土及砂砾层。按阶地的高低可分为五期：即黄土层，组成河谷两岸山岭；底部砾石，上部黄土层。为二期沉积，遭受侵蚀残留的局部阶地，由砾石及次生黄土层组成；本期沉积的是砂土砾石层及现代河床中的近代冲积层。

第三节 构　　造

一、盆地范围和特征

民和盆地周缘范围，北界哈拉库山、天马山、大坂山、马牙雪山，南至拉脊山、雾宿山及黄河沿岸一带，向西在乐都县高庙双塔沟一带圈闭，东至兰州市皋兰县。盆地走向约成北西西方向展布。元古界及下古生界构成盆地基底，加里东运动使祁连山下古生界地槽开始回返，褶皱成山。三叠纪之后，在构造的发育过程中，断裂活动频繁，形成早侏罗世的断陷盆地。南部拉脊山、中部哈拉库山及北部天马山，均做北西西向幅度不同的上升活动。白垩纪末的断裂和上升运动，使盆地中部明显抬起，基本上形成了今日盆地的形态。

三叠纪以来，盆地经历了五个沉积时期和相应的五次构造运动。自早侏罗世开始接受中、新生代的陆相沉积，厚度近7000米。其中，中侏罗世是生成油气的重要时期。侏罗纪及白垩纪末期的两次构造运动，则是促成油气聚集的重要阶段。控制盆地的主要构造线，是继承活动的东西及南北两组断裂，使各断块区岩相厚度差异很大，构造形态亦不一致。

二、构造运动的时序和构造类型

由盆地中、新生代沉积地层间的不整合接触关系，可以说明盆地在中、新生代时期，曾发生过三次较大的构造运动：一次是三叠纪末—侏罗纪前的印支（晚期）运动。二次是侏罗纪末的燕山运动，这是盆地内最重要的一次构造运动。在南部坳陷北缘见上白垩统民和组 (K_2m) 超覆不整合在上侏罗统大通河组 (J_3d) 之上。其构造特征是中央隆起以褶皱、断裂发育为特点，而北部坳陷与南部坳陷则不甚发育。第三次是第三纪末—第四纪间的喜马拉雅运动，其特点是以升降运动为主，对前期构造起强化和改造作用。

民和盆地自中、新生代以来，历经的五次构造变动，为形成各种类型的油气藏，提供了构造和圈闭条件。从现有掌握的资料和盆地的地质构造特点来看，其地质构造是比较复杂的，而构造和圈闭类型也是多种多样的。通过分析归类，大致分为三类：

1）背斜构造圈闭类型

这种背斜构造圈闭类型包括与基岩隆起有关的同生背斜构造，以及与褶皱形变有关的背斜构造而形成的圈闭。如虎头崖穹窿背斜构造、俞家湾穹窿背斜及咸水沟穹窿背斜等。

2）断层为主形成的构造圈闭类型

如海石湾地区的油藏，推断很可能是在民和单斜带背景上，由于不同走向断层的交错切割，而形成了断层遮挡圈闭。

3）背斜与断层组合形成的圈闭类型

由于在盆地的坳陷部位，中生代地层普遍存在各种形变的挠曲，经与构造运动时期产生的断层适当组合，而形成了背斜或挠曲与断层组合的鼻状圈闭类型。如南部坳陷的西巷、巴州、大庄、路家堡等构造，即属此类圈闭。

三、构造的划分及特征

民和盆地地质构造是十分复杂的。1958 年玉门石油管理局东部地质勘探处 106 队曾按构造形态，由北向南将盆地划分为三个二级构造带，即北部坳陷带、中央隆起带及南部坳陷带（图 1-12-6）。现综合已有资料，划分为三个二级构造带。由北向南为黑喇嘛坳陷（即北部坳陷带）、河口隆起（即中央低隆起带）、巴州坳陷（即南部坳陷带）（参见表 1-12-7）。

1.黑喇嘛坳陷

南部以小钱家—野狐城断层为界、东至兰州市沿黄河一线以北，是一个南深北浅，向北逐渐抬升的第三系沉积坳陷，盖层构造成层平缓，轴线多受基岩控制，约呈南北向展布。基底深 5500～6000 米。区域地层向北超覆在变质岩及侏罗系之上。局部构造多为短轴、半倾没及穹窿背斜构造。主要构造有观音庙背斜、白崖子背斜及喻家湾穹窿背斜等 9 个构造。该坳陷勘探程度相对较低。

2.河口隆起（中央隆起带）

河口隆起北邻黑喇嘛坳陷，西面以吴家断裂（该断裂对白垩纪之后的沉积，具明显的控制作用，故以此断裂作为划分盆地二级构造单元界线）为界紧邻巴州坳陷。该区是由白垩系组成的隆起带，以哈拉库山与张家山以北一线为轴，南北两边分别组成轴向近东西，相互平行排列的两排背斜构造，构造轴间相对倾斜，以轴长 20 公里的向斜相隔，盖层白垩系褶皱强烈，局部构造发育，构成复背斜形态。伴随褶皱广泛发育走向东西及南北的两组断层，致使构造支离破碎。局部构造多为短轴背斜及半倾没背斜，两翼多呈不对称形式，北陡南缓或北缓南陡，无一定规律。主要构造有小钱家背斜、新屯川背斜，张家山背斜、骆驼山背斜及青沟背斜等 9 个构造。对该隆起的勘探程度要比黑喇嘛坳陷高些。

3.巴州坳陷（南部坳陷带）

巴州坳陷位于河口隆起的西面，坳陷的西部和南侧受拉脊山，北侧受哈拉库山所控制，呈北西向展布。而东部则由于拉脊山与哈拉库山均隐伏于地下。坳陷虽大体呈北西向展布，但同时又表现为向东或向北突出的弧形形态。发育很不对称，基本上为一南陡北缓、南深北浅、南厚北薄、南窄北宽、南侧受拉张断裂所控制的箕形坳陷。同时坳陷内又为一些北西向基岩隆起复杂化。

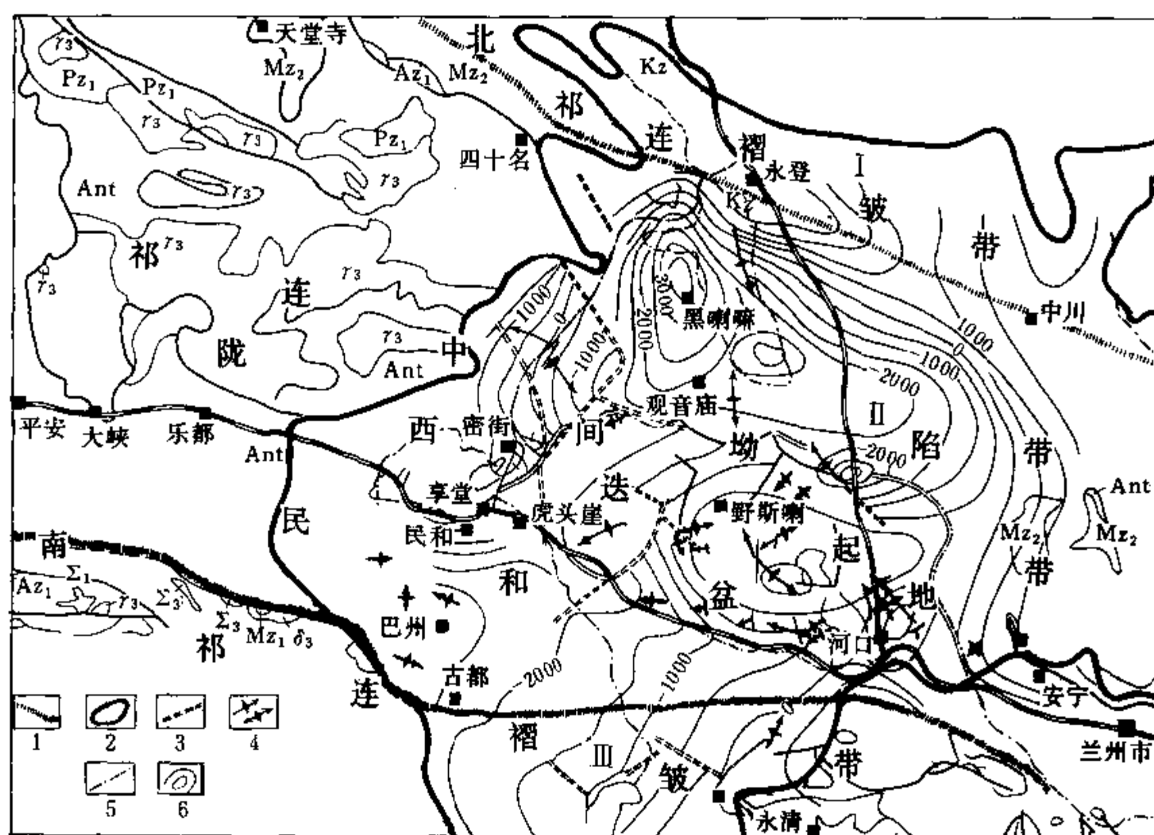


图 1-12-6　民和盆地区域构造图

I—祁连褶皱带；II—中祁连隆起带；III—南祁连褶皱带

表 1-12-7　民和盆地构造单元划分表

一级	二　　级		局　部　构　造
民和盆地	黑喇嘛坳陷（北部坳陷）	黑喇嘛凹陷	老鸦城倾状背斜、官场背斜 观音庙背斜、白崖子背斜 大水沟背斜
		东部斜坡	泥湾背斜、水头背斜 俞家湾穹窿背斜、咸水沟穹窿背斜
	河口隆起（中央隆起）		小钱家背斜、新屯川背斜 张家山背斜、岗镇背斜 骆驼山背斜、倒水沟背斜 苦水背斜、青沟背斜 咸水沟背沟
	巴州坳陷（南部坳陷）	民和单斜	海石湾单斜
		古鄯凹陷	虎头崖穹窿背斜、巴州鼻状构造 西巷鼻状构造，哈又村鼻状构造 路家堡鼻状构造、李二堡背斜 大庄鼻状构造（包括赵家河、大庄、河纳沟三个背斜） 周家背斜
		中坝凸起	中坝鼻状构造（包括七个小背斜）
		大寨子凹陷	侯白家背斜、千户台背斜 桃红营背斜、老鸦城背斜 1 老鸦城背斜 2

在巴州坳陷海石湾单斜的西端，从构造剖面可以看出，自侏罗纪开始，构造已经形成，在历次沉积和褶皱变动中，并没有改变其原有的构造形态，而仅仅是加大幅度而已。同时在岗子沟背斜核部，出露古生界地层，侏罗、白垩及第三纪地层逐层超覆其上，上下构造基本符合。此种现象在巴州坳陷带及黑喇嘛坳陷之连城—龙寿山一带普遍见到，充分说明，盆地盖层构造发育过程中，继承性十分明显，大部分构造在一定程度上都沿袭旧构造线长成和加深。坳陷内局部构造多为短轴背斜、鼻状构造及穹窿背斜构造，两翼多呈不对称形。主要构造有虎头崖穹窿背斜、巴州鼻状构造、西巷鼻状构造、大庄鼻状构造、中坝鼻状构造等14个构造。该坳陷是目前民和盆地勘探程度相对最高的地区。整个民和盆地的大部分勘探工作量均集中于巴州坳陷，而区域钻井、预探井也多集中于虎头崖—巴州地区，至目前巴州坳陷已钻各类井53口。

四、主要局部构造概述

(1) 观音庙背斜　在黑喇嘛坳陷中部，观音庙东北，由下第三系西宁群（Exn）组成，轴线近南北而微显弯曲，轴长10公里，构造南端在块土沟以东5°向南倾没，构造东西两翼倾角一般小于30°。

(2) 白崖子背斜　位于小钱家—连城之间，构造轴线成北西45°方向，轴长约20公里，由下第三系西宁群（Exn）组成。构造北陡南缓，东北翼倾角15°～30°，西南翼倾角10°～20°，高点在白崖子附近。构造东南端似有圈闭，地表由于覆盖严重，情况不详。构造轴部存在一走向北东之平移断层，使背斜轴心向南推移约1公里。

(3) 俞家湾穹窿背斜　位于兰州市北面俞家湾之东北，由下白垩统河口组（K_1h）组成。构造轴向近北东—南西向，长轴9公里，短轴6公里，为一穹窿背斜。翼部倾角小于10°。

(4) 小钱家背斜　位于小钱家正南约4公里，是河口隆起北缘的一个构造。地面构造由下白垩统河口组（K_1h）组成。轴向北东—南西，轴长4公里。东端狭窄，宽仅1公里，西端2～5公里左右，面积约6.4平方公里。构造南翼缓平约10°～20°，北翼60°～70°，伴随有正断层产生。构造西端已见倾没，东端被断层所切并为黄土覆盖。

(5) 新屯川背斜　位于野狐城东南至碱水河间，组成构造的地表地层是下白垩统河口组（K_1h），背斜轴长6公里，轴向北西西，微显弯曲。垂直褶皱轴横剖面不对称，南缓北陡，南翼倾角22°～44°，北翼倾角29°～62°。背斜向东倾没，西端开口。南面与碱水河背斜间为一向斜所连接。该构造大部为第四系黄土所覆盖。地面所见，在构造轴部断裂发育，断层可分为东西及南北两组，其性质多属冲断层。

(6) 张家山背斜　位于河口隆起西边张家山附近，于1952年发现，其后经地质及重力详查证实。西端倾没，东端被断层所破坏，轴线大致呈东西向，轴长约10公里，东端宽阔约7.7公里，西端狭窄约5.5公里，以下白垩统河口组（K_1h）顶为标准层，其构造面积约66平方公里。垂直褶皱轴横剖面不对称：北翼倾角15°～25°；南翼倾角70°～80°，甚至直立倒转。伴随褶皱在构造南翼有北倾冲断层，其断距为200米左右。

重磁力详查结果，构造显示为负异常，经张1井钻探，白垩系下部地层揭开厚达1840米，还尚未见底，通过对比和分析，认为该处白垩纪地层加厚，原因可能是沉积时断层的继承活动而引起各区下降速度不同所致。在构造东端及南翼之断层附近的节理面上，发现沥青多处。

(7) 骆驼山背斜　构造见于新庄子附近至骆驼山一带，轴线约成东西向，由下白垩统河

口组（K_1h）组成，轴部为第四系所覆盖，轴长6.5公里，构造面积约22平方公里。垂直褶皱轴剖面基本对称，北翼倾角13°～19°，南翼5°～9°，构造西端倾没于新庄子—王家村之间，东端在青土坡一带为南北向正断层所切，构造两翼断裂发育。构造范围内未见任何油气显示。在该构造上，于1974年4月～1975年12月曾钻一口预探井——民深6井，井深2903.4米，白垩纪地层未见底。钻井中共发生井下事故27起，最后因井斜过大而被迫停钻。

(8) 虎头崖穹窿背斜　位于海石湾东虎头崖村，构造轴部出露地层为上侏罗统大通河组（J_3d）。轴向为108°，长轴2.3公里，长短轴之比约为2∶1，构造面积2.5平方公里。东翼12°，南翼20°～65°，西翼34°，北翼24°～57°，局部直立倒转，为一不对称的穹窿背斜。构造西端以30°倾没，东端为吴家逆断层所切割，北翼有南倾逆断层。钻探证实，地下构造基本与地面相符。顶部缓平，高点在虎19井附近。虎头崖穹窿背斜为民和盆地的一个小油田。

(9) 西巷鼻状构造　位于巴州沟上游东沟与西沟之间，北距巴州7公里左右，构造由下第三系西宁群（Exn）组成。构造轴线为北北东转向北北西，在侯家岭附近倾没，轴长11公里，短轴7公里，构造面积约45平方公里。东翼倾角20°～25°，西翼倾角8°～26°，南端为拉北断裂所控制。于1978年在该构造上钻参数井民参2井一口，井深2455.17米，井底层位为下白垩统河口组（K_1h）未见底。钻进中于1886～1896米井段，槽面见针孔状气泡，泥浆粘度及比重均有变化，该井由于卡钻事故而停钻。

(10) 巴州鼻状构造　位于巴州沟万泉堡至巴州一线，构造由下第三系西宁群（Exn）组成。构造轴线近南北向，南段在巴州附近倾没，北部为阴山逆断层所封闭。轴长5公里，短轴2公里，构造面积约10平方公里。构造两翼基本对称，东翼倾角2°～5°，西翼8°～12°，近轴心部分地层平缓。两翼外围迅速变陡，形似箱状构造，于1973年3月～1975年12月，在该构造上曾钻参数井一口（即民参1井），井深3923.87米，井底层位为下侏罗统大西沟群（J_1dx）未见底。钻井过程中于井深3340～3799米井段，先后钻遇含油砂岩12层，但显示差。该井由于卡钻事故而停钻。

(11) 大庄鼻状构造　位于马营沟以北马营、大庄、古鄯之间，包括赵家河、大庄、河纳沟三个背斜。构造由下第三系西宁群（Exn）组成。构造轴线近南东—北西向，西端在古鄯附近倾没，整个构造面积约180平方公里。翼部倾角一般在5°左右，西北倾没端为12°。构造南端为马营深部断裂，东面紧邻吴家断层。1978年在该构造上曾钻参数井一口（即民参3井），井深2941.85米，井底层位为下白垩统河口组（K_1h）未见底。钻进中于1580～1980米井段见含油砂岩10层，但显示差。由于多次发生断钻具事故，泡油解卡无效而提前完钻。

(12) 路家堡鼻状构造　位于民和县松路沟内路家堡附近，构造由下第三系西宁群（Exn）组成。构造轴线为155°,轴长4公里,短轴3公里，构造南端作下倾闭合，圈闭良好。北面阴山断层由轴心近旁穿过，北翼已遭切割而不复存在。东翼倾角30°～45°，西翼倾角20°～30°。在该构造上曾于1976年钻预探井一口（即民深7井），井1510.53米，井底层位为震旦系（Z）基岩。

第四节　盆地石油地质资源概况

一、含油气情况

远在1946年及其以前，许多老地质家已在民和盆地发现了油气露头。解放后至今，经实地勘察，逐点统计，证实油苗共57处，其分布范围为东至张家山构造、下旋子，西至药水泉，北至马家岭，南至香水滩一带。油苗产自震旦系（Z）到白垩系（K）的几乎整个地层剖面上，但其中以中侏罗统享堂组（J_2x）、上侏罗统大通河组（J_3d）为主，下白垩统河口组（K_1h）下部，中侏罗统窑街组（J_2y）、下侏罗统大西沟组（J_1dx）及震旦系（Z），也见不同程度的油苗显示。按油苗性质，可分为油砂、沥青及油泉三类。据岩性及钻探资料，侏罗、白垩纪地层储油最为有利，出露油苗也最丰富。油苗出露位置，一般油砂沿近代冲沟出露，由于断层作用，多呈星点状。而沥青则见于断层附近节理面上及变质岩裂隙中，多平行断层走向呈线状分布。油泉仅见于喇嘛沟及药水泉两地，前者在J_3d地层随泉水溢出，后者见于药水泉变质岩裂隙中，是较稠的液体原油渗出。具体油苗出露情况详见表1–12–5。

从民和盆地巴州坳陷8口区域探井钻井中油气显示情况来看（参见表1–12–8），油气显示也是比较好的。8口井油气显示总层数达98层，计663.18米厚。而上侏罗统大通河组（J_3d）见显示31层，计103.7米厚；其中油砂、油浸级显示有15层，计50.5米厚；而中侏罗统享堂组（J_2x）见显示40层，计243.65米厚，其中油砂、油浸级显示有12层，计69.4米厚；中侏罗统窑街组（J_2y）见显示12层，计82.75米厚，其中油砂、油浸级显示有8层，计32.15米厚；中上侏罗统见显示层段共83层，计430.1米厚，占总层数的84.7%，占总厚度的64.4%，而其中油砂、油浸级总共有35层，计152.05米厚，占总层数的35.7%，占总厚度的22.9%。所以，看来油砂、油浸级含油层段的比例也是比较大的，约占油气显示井段总长的1／3左右。

表1–12–8　民和盆地巴州坳陷区域钻井油气显示情况表

井　别	油气显示总层数／总厚度	Exn 层数／厚度m	K_1h 层数／厚度m	J_3d 层数／厚度m	J_2x 层数／厚度m	J_2y 层数／厚度m	J_1dx 层数／厚度m
民深1	21／138.1			6／37.3	14／91.8	1／9.0	
民深2	12／50.4				10／46.6	2／3.8	
民深3	7／32.6			2／11.5	3／16.35	2／4.75	
民深4	28／108.7			18／38.8	8／59.5	2／10.4	
民深5	2／10.2					2／10.2	
民深7	2／8.9	1／2.3	1／6.6				
民参1	15／299.5	1／206.0		5／16.1	5／29.4	3／44.6	1／3.8
民参3	11／14.78	1／6.5	10／8.28				
合　计	98／663.18	3／214.8	11／14.88	31／103.7	40／243.65	12／82.75	1／3.8

目前盆地仍处于区域勘探阶段，大部分地区地质情况还不十分清楚。但油苗的广泛出露，区域探井钻进过程中又见较好的油气显示，从而为我们今后找油提供了直接有力的依据。

二、盆地的生油层

1.生油层的分布

民和盆地是中、新生代的沉积盆地，油苗广泛分布于中生界陆相地层中，无可争辩地说明了中生界地层曾有过生油过程。经钻探和分析资料证实中侏罗统窑街组（J_2y）是盆地的生油层系。其岩性以油页岩、泥岩为主，中下部夹煤系地层及菱铁矿，化石极丰，是一套还原环境下长期下沉的闭塞的半深湖—浅湖相及部分沼泽相沉积。该组地层在民深2井现存厚度92.25米，在民深4井现存厚111.40米，而窑街地区为360米，到炭山岭地区就大于430米。从区域上来讲，南部坳陷厚度相对较薄，而北部坳陷较厚。盆地内中侏罗统窑街组（J_2y）地层厚度情况详见表1-12-8。

从张家山构造东端发现的油苗，仍认为生油母岩是中、下侏罗统，故其生油岩分布范围向东有一定延展。而张家山构造以南向斜之南翼发现了白垩纪地层油苗多处，油气自南向北运移形成油藏可能性是较大的。因此生油层在南部坳陷亦有一定的分布范围，其南界范围可能受阴山台断层的控制。具体巴州坳陷地区生油层厚度及分布情况见表1-12-10。生油层厚度一般在74～200米。

再由地面电法和重磁力资料可以看出，盆地北部单斜带下沉很深，初步估计在5000米左右，其下可能有侏罗系分布，但具体范围尚难圈定，有待于今后的勘探证实。

2.生油层地球化学指标

根据盆地钻探及地面露头岩石地球化学指标分析（见表1-12-10），窑街组（J_2y）地层有机碳含量为0.764～8.649%，还原硫为0.278～0.563%（见表1-12-11）。正烷烃的奇偶优势（OEP）值近于1，红外光谱分析芳香烃结构分布指数（$810cm^{-1}/740cm^{-1}$）范围在0.5以上，是良好的生油层。同时由表1-12-18中还可看出盆地各层系的氯仿沥青“A”等均是向（J_2y）增大，所以窑街组（J_2y）的黑褐色油页岩及泥岩为良好的生油母岩。

再由民和盆地巴州坳陷部分钻井烷烃分析，虎头崖等地区油层原油的正构烃的分布范围为C_{15}～C_{34}，并且主要集中在C_{18}～C_{25}，主峰位置都在C_{21}，可以说明巴州坳陷虎头崖、民和、米拉沟及万泉堡地区，其油源都是来自J_2y层中黑色页岩。

3.生油岩的估价及有利生油区

1979年石油普查队曾以民参1井为代表，用J.G.埃德曼法对南部坳陷有效生油量进行了计算。生油岩面积1050平方公里，生油岩厚度36.2米，生油岩体积为38立方公里，有机碳为4.86%，烃含量532ppm，OEP值1.03，氯仿抽提物正烷烃含量为6.98%，有效生油量计算结果为9.69亿吨。1984年12月石油工业部石油勘探开发科学研究院地质研究所应用氯仿沥青“A”法对民和盆地中央凹陷总生油量和聚集量进行了计算。生油岩面积2100平方公里，成熟生油岩体积1322立方公里，氯仿沥青“A”丰度0.0371，成油门限深度1500米，残余生油量12.42亿吨，排出系数20%，总生油量15.53亿吨，聚集系数7%，聚集量为1.087亿吨。由以上数据推算民和盆地有效生油量在20亿吨以上，聚集量约为1.5亿吨以上。

民和盆地由于勘探程度及研究程度较低，计算整个盆地资源量尚有一定困难，青海石油管理局近期仅对民和盆地主要油区即巴州坳陷J_2y生油岩系资源量进行了计算，估计只是初

表1－12－9 民和盆地巴州坳陷及邻区侏罗系各组段厚度统计表

厚度(米) 剖面 / 代号	西宁盆地	巴州坳陷								窑街地区			备注
	小峡	民深8	民深5	民深3	民深2	民参1	大通河	民深4	喇嘛沟	朱儿庄	红沟	504孔	
上覆层	K_2m	K_2m	K_2m	K_2m	K_2m	K_1h^a	K_1h^b	Q	Q	K_1	Q	Q	
J_3d^5			57.20	140.05	244.75		160.90		未测				
J_3d^4		710.40 未穿	79.90	60.00	103.00	245.50	263.20						
J_3d^3			125.25	228.00	161.00	247.75	191.05						
J_3d^2			93.25	110.80	129.50	153.05	126.10	61.60					
J_3d^1			198.00	253.70	268.50	364.20	224.35	374.40/251.00					
J_3d			553.60	792.55	906.75	1010.50	965.60	436.40/251.00					
J_2x^3	74.15		70.50	79.00	105.50	144.00	108.30	1071.0/128.50	34.30	251.80			
J_2x^2	155.10		96.50	170.00	107.30	142.50	25.30	143.0/208.40	131.20	297.40			
J_2x^1			92.00	96.35	104.45	49.50		140.20	37.80	62.80		未分	
J_2x	229.25		259.00	345.35	317.25	336.00	>133.60	477.10	203.21	612.00		>388.70	
J_2y^3	50.84		31.50	30.15	23.75	34.50		22.80	15.84	未测	47.40	54.50	
J_2y^2	38.09		25.90	40.50	56.20	33.50		66.60	28.49		127.70	273.80	
J_2y^1	2.83		35.60	27.00	12.30	6.70		22.00			39.30	31.70	
J_2y	91.76		93.00	97.65	92.25	74.70		111.40	>44.33		204.40	360.00	
J_1dx			28.00	96.90	198.50	82.67					99.20	267.00	
下伏层	$\gamma\delta^3$		Z	Z	未钻穿	未钻穿	Z	Z	Z		断层	Z	

表 1－12－10 民和盆地中生界岩石、原油地球化学分析指标数据

采样地点或井号	井深 m	岩性	沥青族组合分析					岩石中烃含量 ppm	正烷碳		有机碳 %	总烃／有机碳
			氯仿沥青"A" %	饱和烃 %	芳香烃 %	非烃 %	沥青质 %		OEP值	主峰位置		
民深 4	1456 ～ 1488	黑色页岩	0.1394	6.7961	18.1230	49.5146	25.5663	347	1.08	C_{17}	3.853	0.0090
民深 2	2044 ～ 2068	深灰色泥岩	0.0196	8.4110	13.0840	51.4020	27.1030	42			1.136	0.0004
	2073 ～ 2087	油页岩	0.5141	29.9578	13.0802	47.2574	9.7046	2212	1.14	C_{23}	13.723	0.0161
民参 1	3808 ～ 3837	碳质泥岩	0.1514	21.0743	15.2416	40.8923	23.7918	550	1.03	C_{22}	7.113	0.0077
	3606 ～ 3627	深灰色泥岩	0.0667	33.5907	12.3552	42.4710	11.5831	306			0.493	0.0618
民深 3	1824 ～ 1842	灰黑色泥岩	0.1194	21.1539	17.3077	42.6923	18.8461					
喇嘛沟		油页岩	0.1450	19.2623	20.4918	43.8525	16.3943	576			4.521	0.0127
下旋子		黑色页岩	0.6018	54.2857	15.3571	24.6429	5.7143	4191			2.480	0.1690
药水泉		黑色页岩	0.0906	12.4260	8.2840	57.3965	21.8935	188			6.990	0.0027
碳门		碳质页岩	0.1566	1.5762	18.3888	30.6480	49.3870	313			6.731	0.0047
官亭银洞沟		碳质泥岩	0.0384	13.5371	15.7205	42.7984	27.8476	244			1.889	0.0129
窑街 527 孔	197.6 ～ 238.1	灰色泥岩	0.2135	20.9402	17.5214	48.7179	12.8205	821			8.649	0.0095
	374.5 ～ 384.3	油页岩	0.02576	4.9451	16.4835	39.5604	39.0110	552			15.064	0.0037
原油	虎 19 井	原油		39.1586	13.9159	41.7476	5.1779					
	民深 4 井	原油		44.2857	17.1429	28.5714	10.0000					
	虎 595 井	原油		36.8960	14.1379	47.9310	1.0345					
	虎 751 井	原油		32.4111	14.6245	48.6166	4.3278					
	民深 2 井	原油		48.8665	16.3728	31.2343	3.5264					
	民深 5 井	原油		46.7005	15.2884	32.4873	5.5838					

步谨慎的计算，实际资源量应还要多一些。具体计算数据及结果如下:

1）计算方法

以我国常用的体积法计算残烃量；与柴达木盆地第三系生油层类比确定排聚系数 K；根据勘探程度及研究程度现只计算中侏罗统 J_2y 的资源量。

计算公式及参数:

$$Q_{残}=S\times H\times D\times HC$$

式中 S——生油岩面积（平方公里），按巴州坳陷生油岩面积 1050 平方公里计算；

H——生油岩厚度（公里），取民深 2 井 J_2y 生油岩厚度 0.0557 公里；

D——生油岩密度(亿吨／公里^3),借用柴达木盆地第三系N_2^1生油岩密度22.4（亿吨／公里^3）；

HC——岩石中残余烃含量，取民深 2 井 723ppm。

2）计算结果

$$Q_{残}=1050\times0.0557\times22.4\times0.000723=0.947\text{ 亿吨}$$

采用柴达木盆地第三系上新统 N_2^1 的排聚系数。即 $K_{排}$—20%；$K_{聚}$—15%；K—3%

$$Q_{总}=Q_{残}\div（1-0.20）=0.947\div0.8=1.184\text{ 亿吨}$$

$$Q_{排}=Q_{总}-Q_{残}=1.184-0.947=0.237\text{ 亿吨}$$

$$Q_{资}=Q_{总}\times K=1.84\times0.03=0.03552\text{ 亿吨}$$

计算结果民和盆地巴州坳陷 J_2y 生油岩系资源量为数百万吨。

根据以上计算结果，推测民和盆地有效生油量估算为 3～4 亿吨以上。

民和盆地除北部坳陷的东部斜坡和南部坳陷的中坝凸起没有生油层分布外，其余地区一般均有窑街组（J_2y）的生油层沉积，据已有资料，以窑街地区发育最全，而中央隆起南侧边缘、南部坳陷也是生油有利地区，相对来说，北部坳陷对生油更为有利。

三、盆地的储油岩系

1.储油层层位及其分布

根据民和盆地地表油苗广泛分布情况和区域钻井井下含油气显示，从勘探程度较高的南部坳陷来看，储油层层位主要为大通河组（J_3d）和享堂组（J_2x），其次是窑街组（J_2y）和河口组（K_1h）。具体各组地层储油情况是：享堂组（J_2x）整个剖面均含油，但以下部比较集中；大通河组（J_3d）也主要集中在下部；窑街组（J_2y）集中在顶部和底部；河口组（K_1h）则集中在下部。主要储油层段厚度是：J_3d 厚 184～442 米、J_2x 厚 105～185 米、J_2y 厚 15～46 米，参见表 1-12-11。

除上述各组地层砂岩孔隙储油外，在虎头崖及海石湾地区井下及地面裂缝中均见含油显示，说明裂隙储油也是存在的。

2.储油层岩性及物性

（1）储油层岩性和结构特点　大通河组（J_3d）主要为灰、灰黄细砂岩含油，少量为中砂岩或粉砂岩。砂岩成分主要为长石石英砂岩。厚度一般 2～3 米，最大厚度可达 20 余米。横向变化大，多呈透镜状，交错层理发育。颗粒磨圆度中等，胶结物以钙质为主，次为泥

质。孔隙型胶结为主。胶结物一般占15～18%，最高可达40%。

表1-12-11　民和盆地窑街534、702孔地球化学指标分析数据表

层位		岩性	534孔					702孔				
			有机碳%	还原硫%	OEP值	芳香烃红外光谱		有机碳%	还原硫%	OEP值	芳香烃红外光谱	
						810/740	1380/740				810/740	1380/740
J_2x		紫红、灰绿色泥岩	0.11	0.004				1.10	0.04	0.97		
J_2x		灰绿、紫红色粉砂质泥岩	0.10	0.01	1.01							
J_2y	J_2^5y	灰绿色泥岩	0.14	0.03	1.03							
J_2y	J_2^5y	灰绿色泥岩	0.23	0.04				0.12	0.03	1.06		
J_2y	J_2^5y	黑色泥岩	2.77	0.03		0.35	0.57					
J_2y	J_2^4y	黑色油页岩	3.76	0.18	1.36	1.85	30	1.34	0.10	1.01		
J_2y	J_2^4y	黑色油页岩	2.20	0.07	1.16	0.78	1.77	2.50	0.16	1.04	0.58	2.84
J_2y	J_2^4y	砂岩与油页岩互层	3.94	0.07	1.05	0.5	0.78	黑色碳质泥岩 2.74	0.05	1.01	0.67	0.85
J_2y	J_2^3y	黑色泥灰岩	0.49	0.03				2.85	0.19	1.02	0.87	1.41
J_2y	J_2^2y	油页岩	15.16	0.09		0.25	0.20	15.93	0.06		0.49	0.45
J_2y	J_2^2y	煤	750		1.26	0.77	0.42	50.57	0.14		0.73	0.60
J_2y	J_2^2y	黑色碳质泥岩	9.93	0.06		0.51	0.41	2.48	0.02	1.04	0.24	0.32
$J_{1}dx$		灰绿色泥岩	0.02	0.004	1.11			J_{1dx}岩样系采自窑街红沟地表剖面				
$J_{1}dx$		灰绿色粉砂质泥岩	0.02	0.004								

注：两井间距约2公里左右。

享堂组（J_2x）主要为灰、黄灰色细砂岩含油，部分为含砾中砂岩，以长石石英砂岩为主。砂层厚5米左右，横向变化大，颗粒为次圆—次棱角状，分选中等，胶结物主要为钙质，孔隙型胶结为主，胶结物含量一般在12～20%左右，最高可达38%，底部砂岩一般较粗，含油性差。

窑街组（J_2y）主要为灰、灰白色中—粗砂岩，部分为细砂岩及含砾砂岩，颗粒磨圆度及分选性一般较差，成分以石英为主。胶结物为硅质、泥质、钙质及少量铁质。孔隙型胶结为主，少量接触型胶结。

河口组（K_1h）为灰、灰绿色长石、石英粉—细砂岩和长石岩屑石英粉—细砂岩含油。胶结物主要为钙质，孔隙—基底型胶结。

表 1－12－12　民和盆地部分钻井原油性质分析数据表

分析项目 \ 单位 \ 井号		民深 5 井	民深 2 井	民深 2 井	民深 4 井	虎 19 井
井深 (m)		1544.4～1547.4	1799.0～1807.4	1924.6～1927.6	131.3～134.4	419.5～439.0
层位		J_2y	J_2x	J_2x	J_3d	J_3d
水　分	ml %	7.5	2.7	5.6	0	3.0
比　重	D_4^{20}	0.8698	0.8321	0.87	0.8650	0.8526
恩氏粘度	$E_{50℃}$	3.82	1.8	6083.3	3.35	2.16
运动粘度	50℃, $10^{-4}Pa\cdot s$	27.2	9.4	6061.73	23.4	/
凝固点	℃	35.0	22.0	32.0	16.0	17.0
燃　点	℃	167.0	17.0	111.5	118.0	19.0
开口闪点	℃	106.0	16.3	100.0	86.0	46.0
闭口闪点	℃	52.5	/	/	37.3	/
含盐量	NaCl mg/l	19.23	5.84	19.39	64.11	1554.65
含硫量	%	0.32	/	0.43	0.18	/
含蜡量	%	/	/	10.95 (偏南)	/	9.06
饱和烃	%	46.7005	48.8665	/	44.2857	39.1586
芳香烃	%	15.2284	16.3728	/	17.1429	13.9159
非　烃	%	32.4873	31.2343	/	28.5714	41.7476
沥青烃	%	5.5838	3.5264	/	10.0000	5.1779

馏量 \ 初馏点	131℃	67℃	117℃	122.3℃	86.5℃
馏量 %	温度 ℃	温度 ℃	温度 ℃	温度 ℃	温度 ℃
10	276.5	153.5	249.5	223.0	172.0
20		234.5	290.5	263.0	231.5
30		292.0		295.0	279.0
40					
50					
终馏点	300	300	300	300	300

温度 ℃ \ 馏量	馏量(ml)	馏量(ml)	馏量(ml)	馏量(ml)	馏量(ml)
100		300			0.95
150	0.80	9.30	1.00	1.00	5.95
170	1.05	11.90	1.45	2.35	9.70
210	2.15	16.30	3.15	8.20	16.20
230	3.05	14.10	6.40	10.95	19.55
250	5.20	22.45	10.25	16.50	23.80
270	8.50	27.00	14.50	22.00	28.05
300	16.00	31.55	23.10	30.95	35.45
总馏量	17.60	34.00	24.50	33.00	36.70

表 1-12-13　民和盆地部分钻井气分析数据表

气体性质	水溶解气		煤田气	天然气	油田伴生气	备　注
井　号	民参3井	民深8井	民参1井	民参1井	虎595井	
气体成分 / 井深(m)	555	1674	3810	3887	350	
He				0.150	0.295	民参1井3810米煤(1)气为除掉空气为烷烃相对百分比来作全分析,C以下没显示
O_2	6.067	3.198		0.259	0.244	
N_2	93.252	96.242		20.59	34.500	
CO_2				0.421	/	
甲　烷	0.048	0.322		73.784	47.678	
乙　烯	0.018	0.0028	98.51	/	/	
乙　烷	0.015	0.0041	1.35	4.136	4.650	
丙　烯	0.011	0.0013	0.14	/	/	
丙　烷	0.007	0.0020		0.540	7.532	
异丁烷	0.0009	痕　量		0.0516	0.900	
正异丁烯	0.005	痕　量		/	/	
正丁烷	0.005	0.0009		0.0416	2.425	
异戊烷	0.058	0.019		0.0111	0.392	
正戊烷	0.070	0.015		0.00745	0.723	
2.3--甲基-丁烷	0.061	0.026		0.000946	/	
2-甲基-戊烷	0.246	0.082		0.00352	0.093	
3-甲基-戊烷	0.090	0.034		0.00163	0.050	
正己烷	0.038	0.039		0.00316	0.279	
C_7以上	0.006	0.013			/	
未知峰					0.241	

(2) 储油层岩石物性　根据民和盆地勘探程度较高的南部坳陷地面及少量井下采样分析，地面砂岩孔隙度为17～22%，渗透率最高2584.38×10^{-3}平方微米。

井下储油层物性为:

大通河组（J_3d）孔隙度一般为4～12%，渗透率大都小于1×10^{-3}平方微米，部分达10×10^{-3}平方微米，最高76×10^{-3}平方微米。碳酸盐含量一般10～25%，最高40%，含油饱和度一般15～30%，最高52.6%。

享堂组（J_2x）孔隙度为4～13%，渗透率$3\sim7\times10^{-3}$平方微米，最高达15.5×10^{-3}平方微米，碳酸盐含量为3～10%，含油饱和度仅10%左右，最高达59.4%。

窑街组（J_2y）孔隙度为5～7%，渗透率小于1×10^{-3}平方微米，碳酸盐含量为1～2%，含油饱和度为8～32%。

河口组（K_1h）孔隙度为9～11%，渗透率为$0.5\sim1.6\times10^{-3}$平方微米。碳酸盐含量为15～35%，含油饱和度为22～26%。

四、盖层条件

民和盆地中生代地层沉积以砂泥质岩石为主。其中泥质岩估计占总厚度的60～80%，同时泥质岩与储油层互层，其中J_3d层占60%以上，J_2x占60%左右，J_2y占50～80%。这部分泥岩、砂质泥岩均可做为良好盖层。

五、盆地油气水性质

1.原油性质（表1－12－12）

根据盆地内各储油层段的油源初步对比，原油虽采自不同层位，但都来自同一油源，即中侏罗统窑街组（J_2y）是生油层。原油性质大致相同，只是由于保存、运移条件的不同而有所差异。原油一般呈棕黑色，具芳香气味，比重为0.8321～0.87，粘度为9.4～27.2厘泊，凝固点为16～35℃，含硫量为0.18～0.43%，含蜡量在10%左右，汽油量为16%，沥青含量低。

2.天然气性质

根据盆地内部分钻井取得的资料分析，气体类型有天然气、油田伴生气、水中溶解气和煤田气四种，一般含气量都比较少，各种气体性质详见天然气分析数据表1－12－13。

3.油田水性质

根据部分钻井取水样观察分析，盆地油田水呈无色或微黄、褐灰色，具臭味、苦咸、比重1.03～1.06，含少量溴（Br）和碘，主要是$CaCl_2$和Na_2SO_4型水，少量$MgCl_2$型水。

第五节　盆地含油气远景

民和盆地总的来说勘探程度低，但从沉积构造特征生油层的分布及井下油气显示分析，含油希望是很大的。由于多年来勘探工作主要集中于南部坳陷带，其他地区工作量比较少，因此对整个盆地的认识还是不够的。以下仅据现有资料给予评述。

一、盆地含油气远景

民和盆地属山间盆地类型，有效石油勘探面积约6000平方公里，其间发育较厚的中、新生代陆相沉积。盆地内普遍有中、下侏罗统还原环境下的湖相沉积，有机碳及沥青含量较高，为一套黑褐色页岩、油页岩、铝土页岩夹菱铁矿层，并含有黄铁矿，化石丰富，是本区的主要生油层系。窑街组（J_2y）分布面积广，同时经钻探证实生油条件较好。因此，中、下侏罗统生油层的分布则是评价盆地含油远景的关键。由此推测，南北两个生油坳陷的油源比较丰富。而中、上侏罗统、白垩系砂层广泛发育，为河流相及湖相沉积，岩性及物性较好，属砂岩孔隙型储油类型，具备良好的储油条件。目前已证实了侏罗统大通河组（J_3d）和中侏罗统享堂组（J_2x）具有生产能力。位于砂岩上下普遍存在厚度较大的泥岩及砂质泥岩，为良好的盖层。

截止目前，地表已发现油苗57处，在井下多次遇到油层和气喷，同时南部坳陷的民和单斜带，经钻探已证实了虎头崖油田和海石湾单斜油藏。说明盆地确实有油气生成和储聚过程，这是我们能够在民和盆地找到油田的有力依据之一。

从已知油藏的封闭条件来看，虎头崖油田为穹窿背斜构造，海石湾为断层遮挡圈闭，盆地内今后应以寻找背斜油藏为主，其次是断层为主形成的背斜与断层组合的圈闭和岩性封闭的油藏。由于盆地中目的层多，岩性变化大，构造复杂，因此油藏类型是多种多样的。

在盆地范围内已经发现了32个构造，绝大多数勘探程度都很低。有的构造虽遭到断层破坏，但还有一定的封闭条件。中生代还可能存在潜伏隆起，有待地震工作者去寻找和证实。

该地区交通方便,经济条件优越,技术条件也十分有利,是有希望能找到新的油气田的。

相对来说，南部坳陷内的民和单斜带是目前最有希望的远景地区，油苗大量出露，已获工业油流，生油层分布广泛，主要目的层享堂组物性较好，埋藏较浅，地下可能存在潜伏构造，对油气的聚集和保存十分有利。但该区主要应解决构造圈闭问题，尤其是寻找中生界的潜伏构造。其次，南部坳陷的巴州凹陷边缘，北部坳陷黑喇嘛凹陷的东侧与南侧也是有利的地区，推测这两个凹陷的生油岩系是存在的，可能生油层的成油条件会更好些。同时，该区地下目的层段的构造与圈闭条件也还不清楚。而中央隆起西段则生油层可能要薄一些，砂岩物性稍差，但其隆起幅度较高，在构造南侧多处见油苗，从构造和圈闭条件上看，比两个坳陷优越，再加之还有岩性圈闭的可能性，所以中央隆起西段也是较有远景的地区之一（图1–12–7）。

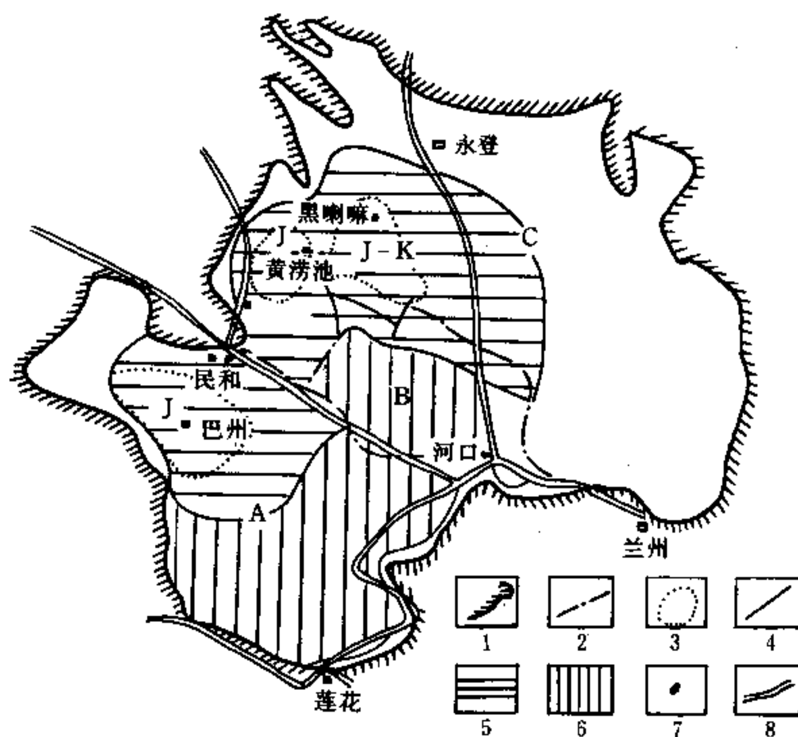


图1–12–7　民和盆地含油远景评价图

A.南部坳陷；B.中央隆起；C.北部坳陷

1—盆地边界；2—构造分区界线；3—生油凹陷；4—断层；5—有利地区；6—较有利地区；7—油田；8—公路

青海省东部地区沉积盆地很多，而含油气有利的盆地，除民和盆地外，还有西宁盆地、门源盆地和共和盆地等。

西宁盆地面积约4000平方公里，基底为古生界变质岩系（P_z），沉积岩有三叠系、中、下侏罗统（J_{1+2}）和新生界（E、N、Q）地层，生油层推测是中、下侏罗统。该盆地为一有利的含油气盆地，应进行区域勘探工作。

门源盆地面积为1100平方公里，基底为海相下古生界（P_{z_1}）奥陶、志留系，其上沉积了二叠系、三叠系、侏罗系及上第三系。推测可能的生油岩是二叠系灰黑色页岩、泥岩和中、下侏罗统的油页岩。故该盆地也属有利含油气盆地，需要进行物探和地质区域勘探工作。

共和盆地面积为10700平方公里，沉积岩厚度大于2700米，基底为古生界变质岩（Pz），其上沉积了三叠系、下、中侏罗统（J_{1-2}）和上第三系（N）地层，侏罗系地层中夹有煤线。可进行区域勘探工作。

温泉盆地面积为13240平方公里，沉积岩厚度为3000米左右，基底为石炭、二叠系槽型建造组成，其上沉积了三叠系、侏罗系和新第三系地层，于中、上侏罗统地层中见有油苗。中侏罗统为含煤碎屑岩，其中部夹有含沥青灰岩层。可进一步进行勘探工作。

此外，其他各沉积盆地亦可做为后备石油地质勘探工作地区。

二、今后勘探工作意见

民和盆地以往所做的有关油气资源调查与勘探工作，从整个盆地范围来讲，还没有完成系统的石油地质普查阶段的任务，勘探程度也不均衡。加之盆地的地形复杂，地质条件差，物探工作较少。因此，下步勘探工作，必须依照勘探程序，首先开展和完善区域普查，大力加强物探工作和综合研究。在此基础上，有选择地寻找重点突破，是完全能在盆地内再找到一些可供开发的油气资源。主要还需解决以下几个问题：

1）区域地层层序划分与对比工作，还有待于对盆地进一步综合研究予以解决。

2）盆地基底断裂系统对升降运动控制程度及盆地沉积凹陷的发生、发展和分布特征的影响如何，需要确切的了解。建议在加强区域地质及物探工作的基础上，通过综合研究工作给予解决。

3）对坳陷和隆起的构造特征、沉积体系及相带的分布和特征、对生油层在全盆地的分布和演化了解不够，对储集层的研究也不够，这会直接影响到对资源量的估价和重点区的选择。

4）对已发现的油田（藏）也缺乏深入的研究。同时地下构造不清、边界不清，对油藏认识还很肤浅。需加强油气藏类型、生储组合、圈闭条件等方面的综合研究工作。

参 考 文 献

于文杰，1984,《柴达木盆地周边地区花岗岩类的成因探讨》，地质出版社。

王云山等，1983,《青海省前寒武系地质特征》，地质出版社。

王宝瑜，1983,《昆仑山—阿尔金山地区床板珊瑚新资料及其地层意义》，地质出版社。

王尚文，1983,《中国石油地质学》，石油工业出版社。

王思恩，1983,“青海侏罗—白垩纪的一些叶肢介”，古生物学报，第22卷第4期。

王增吉，1983,《东昆仑山西段石炭纪地层青藏高原地质文集》（第2集），地质出版社。

中国科学院南京地质古生物研究所、青海地质科学研究所，1979年,《西北地区古生物

图册》,地质出版社。

中国科学院南京地质古生物研究所，1982,《中国各纪地层对比表及说明书》，科学出版社。

中国科学院南京地质古生物研究所，1983,《中国各纪地层界线研究》，科学出版社。

石油勘探开发研究院，1982,《中国陆相油气生成》，石油工业出版社。

甘肃省地层表编写小组，1980,《西北地区区域地层表》（甘肃省分册），地质出版社。

关佐蜀，1949,柴达木盆地地质概要。

刘和甫译，1983,《大陆边缘地质学》，石油工业出版社。

朱夏，1983,《中国中新生代盆地构造和演化》，科学出版社。

向鼎璞，1985,祁连山主要地质特征，《青藏高原地质文集》（第17集），地质出版社。

孙殿卿，1982,《地质力学与地壳运动》，地质出版社。

李友桂，杨藩，1983,"柴达木盆地淡水晚侏罗世介形虫动物群"，中国地质科学院院报第7号，地质出版社。

李玉文、陈茂凯，1985,四川中江侏罗—白垩系过渡层及其介形类，《中国地质科学院地层古生物论文集》（第12辑），地质出版社。

李汉瑜，1983,《全球大地构造与石油勘探》，石油工业出版社。

张文佑，1956,"论柴达木盆地的构造特征"，石油工业通讯，石油工业出版社。

张文佑，1984,《断块构造导论》，石油工业出版社。

张文佑,1985,《中国及邻区海陆大地构造基本轮廓》,石油工业出版社。

何元良，1984,青海省陆相侏罗系划分的初步探讨，《青藏高原地质文集》（第14集），地质出版社。

吴崇筠，1987,《油区岩相古地理》，石油工业出版社。

陈基娘，王云山，1985,青海下元古界变质作用特征，地质出版社。

林宝玉，1985,青海赛什腾群的珊瑚化石及其地层意义，地质出版社。

周光弟，1984,青海南祁连和东昆仑山地区二叠纪的苔藓虫，地质出版社。

青海省地层表编写小组，1980,《西北地区区域地层表》（青海省分册），地质出版社。

青海石油管理局勘探开发研究院、南京地质古生物研究所，1985,《柴达木盆地第三纪孢粉学研究》，石油工业出版社。

施希德，1983,《柴达木盆地东北缘埃姆尼克山杜内阶的发现—兼对欧龙布鲁克下石炭统划分的讨论》，地质出版社。

杨藩，1984,从化石资料论柴达木盆地上、下干柴沟组古湖岸线的位置与变化，《第一届巴黎国际古生态会议论文》。

顾树松、狄恒恕，1987,《柴达木盆地形成机理和对油气的控制》，荷兰出版社（英文）。

康庆山，1984,《青海侏罗纪含煤地层的划分及时代》，地质出版社。

黄第藩，李晋超，1984,《陆相有机质演化和成烃机理》，石油工业出版社。

黄第藩等，1985,"干酪根类型及其分类参数有效性"，沉积学报，第2卷第3期。

黄汲清、任纪舜，1980,《中国大地构造及其演化》科学出版社。

焦淑沛，陈国恩，1983,青藏高原前塞武系的划分与对比，《青藏高原地质文集》（第2集），地质出版社。

焦淑沛，1984，《塔里木、柴达木地洼区的地史演化特征及其归属问题》，地质出版社。

新疆维吾尔自治区区域地层表编写组，1981，《西北地区区域地层表》（新疆维吾尔自治区分册），地质出版社。

潘桂棠等，1984，阿尔金山新生代构造及造山性质，《青藏高原地质文集》（第15集），地质出版社。

潘桂棠等，1984，《试论青藏高原始新世、渐新世界限的地质事件及大地构造意义》，地质出版社。

蒂索 B.P.，威尔特 D.H.，1978，《石油形成和分布——油气勘探新方法》，郝石生等译，石油工业出版社。

G.S.Odin，“修正的显生宙时表”，胡世玲译自《Episodes》，1982年。载于国外地质，1984年第8期。

J.M.亨特，1979，《石油地球化学和地质学》，胡伯良译，石油工业出版社。

W.B.Harland et al，Subdivisions of Phanerozoic time，Based on information Published in A Geologic time Scale，Cambridge University Press，1982。

第二篇　西 藏 地 区

本篇叙述的范围以西藏地区为主,也涉及到青海南部、四川西部和新疆南部等区域。本区平均海拔在4500米以上,是我国地质勘探工作最困难的地区。建国前,仅有少数中外地质家、地理学家涉足西藏及其附近的部分地区。建国后,在50年代初,李璞等在川西、藏东、藏南等地进行了路线地质调查。其后地质部在西藏的部分地区开展石油普查和地质矿产调查工作。青海石油局进行了青海南部,藏北的路线调查。从60年代开始,中国科学院组织了三次青藏高原的大规模科学考察工作,地质矿产部西藏、青海等省局在广阔的区域内开展了不同比例尺的地质调查,完成了百万分之一的地质矿产图件及有关报告,并进行了煤和石油的普查与钻探工作。从1980年开始,中国科学院和地质矿产部与法国科学院合作,对"喜马拉雅岩石圈构造演化"问题进行了多学科、多工种的综合地质调查及地球物理、地球化学的综合研究,取得了重要成果。

从能源角度来分析,青藏高原蕴藏量相当丰富,现已建成一批中小型煤矿和羊八井热电站。伦坡拉盆地有十几口井见到不同程度油气显示,其中五口井见低产油流,一口井获工业油流。如果改进工艺措施,根据其地质条件,可建成为中小型油气田。但总的来说,油气勘探程度很低,青藏高原的油气资源是有相当数量的,按全国三类盆地对比所探明的储量,将对青藏高原石油工业的进一步发展有着重要意义。此外,青藏高原的地热资源、水力资源极其丰富,有待于进一步开发利用。

为此,青海石油管理局和北京石油勘探开发科学研究院自1987年起组织一批技术力量,用了一年的时间,对有关青藏高原的区域地质、遥感解译、油气勘探和地热调查等方面的大量资料加以分析研究,并在同中国科学院、地质矿产部有关单位进行研讨的基础上,编写了本篇《西藏油气区》。

我们力求做到,忠实客观地描绘出青藏高原(主要是西藏地区)的自然地理、勘探历程、大地构造格局、构造演化、油气形成条件、油气资源评价和进一步勘探方向等方面的成果,为青藏地区的石油工业和其他能源的发展提供了可信的基础资料。由于我们的水平有限,不妥之处在所难免,我们恳切希望读者的批评指正。

第一章 概 况

西藏高原是地球上海拔最高、幅员广阔的高原,号称"世界屋脊",平均海拔在4500米以上。北起昆仑,南至喜马拉雅,西自喀拉昆仑,东抵横断山脉,特别是北、东、西三方面的前沿阶坎高差急骤下降到盆地和平原,更显示出西藏高原巍然屹立、气势磅礴的雄伟气魄。在自然地理学上,它是一个独特的中低纬的高寒环境,著称"地球第三极"。西藏自治区面积120.1万平方公里,所跨越的经纬度为北纬26°52′~36°32′,东经78°24′~99°06′。西藏高原有着独特多样的自然条件和丰富多采的自然资源,发育着20几个中、新生界盆地,其中主要有18个盆地(图2-1-1)。这些沉积盆地具有一定的油、气远景,在伦坡拉盆地已见到工业油流、羌塘、昌都、唐古拉、昂拉仁、拉萨、比如、岗巴等盆地发现了多处油气显示,说明本区有过油气形成过程。

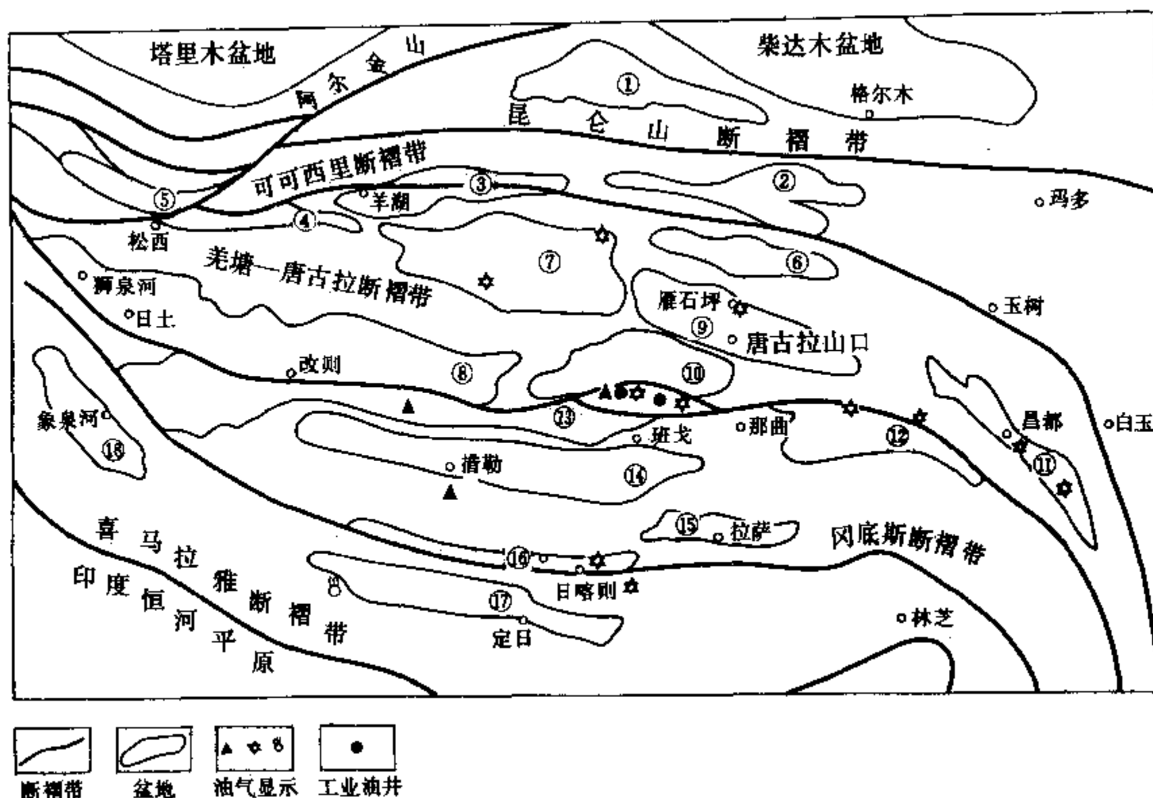


图 2-1-1 青藏高原及邻区中、新生代沉积盆地分布图

①库木库里盆地；②可可西里盆地；③羊湖盆地；④拜惹布错盆地；⑤巴克哈鲁盆地；⑥乌兰乌拉湖盆地；⑦羌塘盆地；⑧羌塘南盆地；⑨唐古拉盆地；⑩昂达尔盆地；⑪昌都盆地；⑫比如盆地；⑬昂拉盆地；⑭措勤盆地；⑮拉萨盆地；⑯日喀则盆地；⑰岗巴－定日盆地；⑱象泉河盆地

第一节 地理概况●

一、地形特征

中国的地势大体上可分成几级巨大的台阶，西藏高原是最高一级台阶，它以巨大的高差，突出在亚洲的南部（图 2–1–2）。一般来说，西藏高原整个地势是由西北向东南倾斜，地理上南北纵跨 8 个纬度，边缘高山环绕，峡谷深切；内部山脉、宽谷和湖盆相间；高原面为低山、丘陵和宽谷盆地的共同组合体；以高原上巨大的山岭为中心，古冰川作用遗迹广泛分布，现代冰川亦十分发育。在高原面之上纵横延展着许多高耸巨大的褶皱山系，从北到南依次为昆仑山系、喀喇昆仑山系、唐古拉山系、冈底斯山系、念青唐古拉山系和喜马拉雅山系。这些山系在高原西端挤在一起，密集成束，构成了帕米尔高原“山结”。高原最西部和东南部，主要是陡峻的山脉和峡谷，在平行山脉之间，形成一系列纵谷和许多封闭的湖盆、洼地。

●本节主要参考中国科学院青藏高原综合科学考察队《西藏自然地理》等资料。

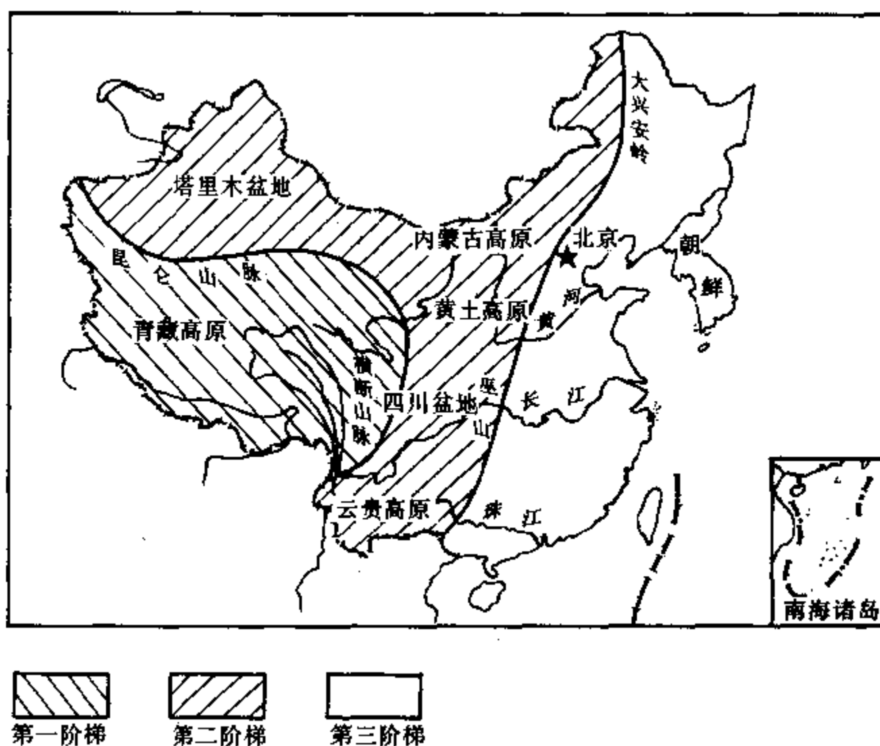


图 2-1-2 中国地势示意图

西藏高原的宏观地貌格局有辽阔的高原面、高耸的山脉、棋布的湖盆及众多的内外流水系。举世闻名的巨大山脉；亚洲许多大河的上游源头；我国主要内陆湖区和内流水系区以及表现在空间上各种成因的地形组合在一起，形成无比壮观而又独具特色的高原。在藏东南地区的高山上，发育的是我国少见的海洋性暖性冰川，而在喜马拉雅山中段南坡则是属于两者之间的过渡类型冰川。冰川融水是长江、黄河、雅鲁藏布江、怒江、澜沧江、印度河等主要大河的补给源泉。在高原中间，镶嵌着众多的盆地和星罗棋布的湖泊，湖泊尤多集中于藏北高原面上。

按地形分区，在西藏高原范围内可分为五个不同的地形区：即喜马拉雅山区、喜马拉雅北麓湖盆区、雅鲁藏布江中游谷地区、藏东峡谷区、藏北高原湖盆区等（图 2-1-3）。

1.喜马拉雅山区

喜马拉雅山系由许多平行的山脉所组成，多数由极高山（海拔 6500 米以上，相对高度超过 1500 米）组成，山地地势起伏很大，高大的山峰和陡峭的山脊形成难以逾越的屏障。大部分山峰周围终年积雪，并发育规模巨大的现代冰川和古冰川。山地中的谷地切割很深，最深可达 4000 米，谷坡陡峻，谷底纵比降大，呈深切峡谷。山脉走向自西段的西北—东南，至东段转为南北向，并向南突出呈一大弧形，向南最突出的地点为全城章嘉峰；山脉全长 2400 公里以上，宽 200～300 公里。喜马拉雅山系按习惯分为三段：亚东—帕里（绰莫拉利峰）至雅鲁藏布江大拐湾，为东喜马拉雅；亚东—帕里至普兰（纳木那尼峰）为中喜马拉雅；普兰以西为西喜马拉雅。中喜马拉雅是全山脉最高地区，其中 5 座海拔在 8000 米以上，世界最高峰珠穆朗玛峰（8848 米）即位于该段的中、尼国界上。喜马拉雅山脉的雪线高程，各地并不一致，以东喜马拉雅最低为 4500～5200 米；中、西喜马拉雅为 5500～5800

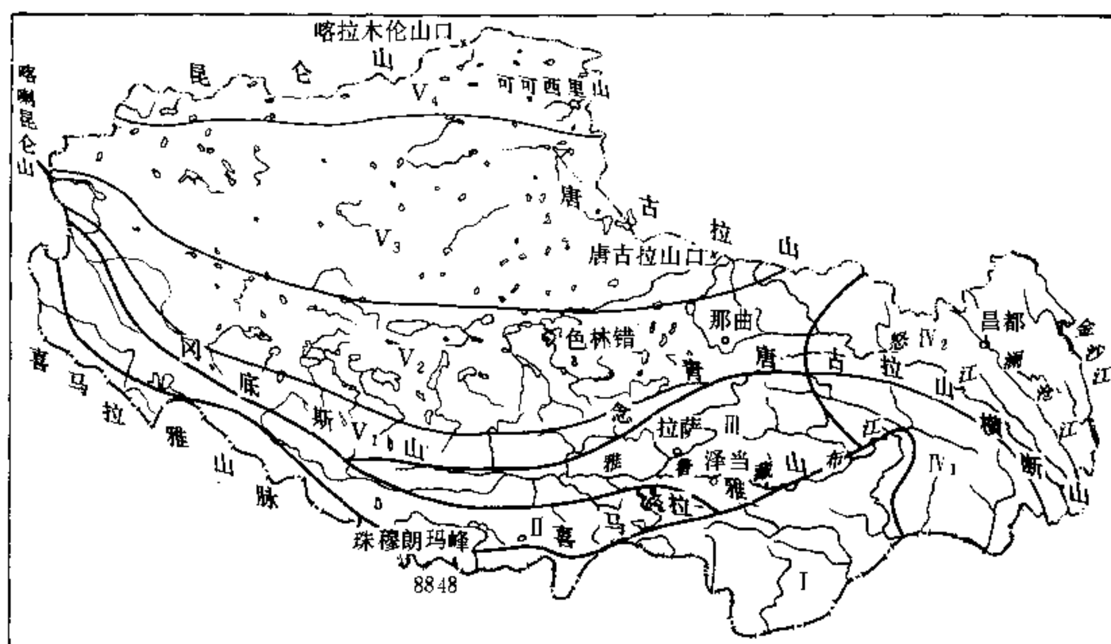


图 2-1-3　西藏地形分区

(据中国科学院青藏高原综合科学考察队《西藏自然地理》，1982)

Ⅰ—喜马拉雅山区；Ⅱ—喜马拉雅北麓湖盆区；Ⅲ—雅鲁藏布江中游谷地区；Ⅳ—藏东峡谷区；

$Ⅳ_1$—藏东南高山峡谷区；$Ⅳ_2$—三江流域峡谷区；Ⅴ—藏北高原湖盆区；$Ⅴ_1$—冈底斯-念青唐古拉（西段）山地；

$Ⅴ_2$—南羌塘大湖区；$Ⅴ_3$—北羌塘高原湖盆区；$Ⅴ_4$—昆仑山地区

米。喜马拉雅主脉雪峰连绵，东部虽属海洋性冰川发育范围，但由于地形的原因，冰川并不十分发育，其剥蚀岩层则形成广泛的石海景观，并在雪崩和泥流作用下，形成石流、泥流平台、泥流扇和雪崩锥等地形。定日一带，石灰岩山地发育有溶洞、孤峰、石芽、石柱、天生桥、溶沟等岩溶地形。

2.喜马拉雅北麓湖盆区

喜马拉雅北麓，东起羊卓雍湖盆地区，经喜马拉雅中段北麓，接雅鲁藏布江上游地段，西至阿里地区西南部长达千余公里的地带中，分布着许多现代湖盆和古湖盆，构成喜马拉雅北麓湖盆区，湖盆海拔大多在4500米以上，是西藏高原农牧业比较集中的地区。

(1) 羊卓雍湖盆区　是喜马拉雅山与雅鲁藏布江之间的一个面积较大的内陆湖区，主要有三个大湖：羊卓雍错❶、哲古错和普莫雍错。羊卓雍湖是一个偃塞湖，形状很不规则，分叉多，呈港湾式曲折，从古湖岸、阶地、浪蚀平台等地形分析，羊卓雍错现已显著退缩。山峰上的冰雪融水是羊卓雍错的主要补给水源，哲古错东南有冰川退缩后遗留的冰碛湖，普莫雍错东南有冰碛丘垅。

(2) 中喜马拉雅北麓湖盆区　本区相当于朋曲河流域。区内现存三大湖：佩枯错、错姆折林和多庆错，均属内陆湖。随着古湖盆的干涸，地面趋于平坦或缓起伏，湖积平原、冲积平原、湖相台地和阶地均很发育，山麓地带有巨大的洪积扇，往往连成广阔的山麓平原。湖

❶藏语中"错"即湖，文中均作湖名的一部分，但有时亦在文字中以错代湖，如哲古错岸亦即哲古错湖岸之意。

泊近期退缩和干涸的现象亦十分明显，与此相联系的是风沙地形发育，形成沙丘或沙层的堆积，面积不断扩大。

(3) 雅鲁藏布江上游湖盆区　主要包括雅鲁藏布江河源和上游，大约自萨嘎以西的地段。雅鲁藏布江河源有三条大支流，南支库比藏布，正源杰马央宗和北支马攸木藏布，均发源于现代冰川。归桑—岗久盆地以下至加加，风沙堆积地形非常发育，固定和半固定沙丘往往与平原上的湖沼交错在一起。本区冈仁波齐峰一带，常常构成形态奇特的群峰争雄的塔式和古城堡式山岭，山坡陡峭，层次分明，是西藏少有的、构造变动微弱的始新世地层所构成。

(4) 阿里西南湖盆区　是喜马拉雅最西部的一个湖盆区，位于喜马拉雅和冈底斯两山之间，国境线附近喜马拉雅山峡谷深切，其它地区山系和湖盆、宽谷相间。本区山地、山原面保存得比较完好；在象泉河湖盆中，表现为孤立的平顶丘陵。山地主要为高寒低山（海拔4500米以上，相对高度200～500米），没有明显的山脊线或只有平缓的山脊线，山坡和缓，坡积物发育。

3.雅鲁藏布江中游谷地区

西起萨嘎东至米林的雅鲁藏布江中游流域，包括尼洋曲、拉萨河、年楚河和多雄藏布等大支流的中下游谷地，是西藏高原的一个“低槽”。本区山地起伏较大，沿江高山大都在6000米以下，现代冰川不发育，只在多雄藏布北岸冈底斯山和米林、尼洋曲分水岭少数6000米以上高峰有小型冰川和永久积雪。风沙地形发育于低地，几乎所有的宽谷和峡谷地段均有分布。

4.藏东峡谷区

包括怒江、澜沧江、金沙江流域，以及藏东南的察隅曲和帕隆藏布流域。地形上共同的特点是峡谷深切、山势险峻，高山与深谷之间相对高差很大，高原形态只在局部尚有残留。河谷地形发育，由于水流湍急，滑坡和泥石流等频繁活动，往往形成严重的灾害。本区按地质及气候条件又可分为:

(1) 藏东南高山峡谷区　即帕隆藏布和察隅曲两河流域，本区地处西藏高原东南边缘的斜面上，面对印度洋能直接受到西南季风的作用，平均气温较高，降水较充沛。本区侵蚀中山（海拔不超过4000米，相对高度500～1000米）发育，有大量的山地河流和深切的峡谷，高山带冰雪作用强烈，现代冰川普遍发育。

(2) 三江流域峡谷区　属于横断山脉，是西藏行政区的最东部，境内三条大江与三条山脉互相平行，从西向东依次为伯舒拉岭、怒江、他念他翁山、澜沧江、芒康山、金沙江。区内地形切割破碎，地震频繁，温泉很多。高原面为残留状态，主要是盆地和宽谷，有些还留有湖泊和古岩溶地形。怒江是三江之中谷地最为狭窄的一条江，河谷一般深切为对称的V字形，河道无分叉，水流湍急，阶地不发育；澜沧江河床坡降大，水流侵蚀和冲刷强烈；金沙江是本区最大的河流，峡谷深切，相对高差1500米左右。藏东昌都附近卡集拉、黑河公路沿线的山岭，石灰岩山脊状如石墙，蜿蜒起伏，石墙壁上发育有古岩溶残留的洞穴。

5.藏北高原湖盆区

冈底斯山以北和昆仑山以南的广大地区，大体上是“羌塘高原”的范围。高原形态完整，地势由北向南倾斜．高原面上主要是低山丘陵和宽谷盆地，湖泊星罗棋布，自南向北可分为:

(1) 冈底斯—念青唐古拉山地　是相互连续的东西向弧形山系，全长约1400公里，平

均宽 80 公里。多数为高山（海拔 4500 米以上，相对高度 1000 米以上），平均海拔 5800～6000 米，古冰川的遗迹很普遍，山峰、山脊线一般都很陡峭，高原山地被河流深切，谷坡陡峭，纵剖面比降大，大部分谷地呈深切峡谷，山地的现代冰川均属大陆性冰川，自东向西，发育规模明显减小。本区高山带寒冻风化和冰缘地形甚为发育，在草甸地带，融冻滑塌、蠕动泥流比较普遍。冈底斯山脉的山脊大部分是由燕山期和喜马拉雅花冈岩组成的，常常巨石凸起，奇异多姿，构成花冈岩球状风化地形。

(2) 南羌塘大湖区　包括冈底斯山以北，那曲—安多—改则—班公错一线以南，东部大体以唐古拉山为界，是西藏湖泊集中的地区。本区是由第一级古夷平面构成的完整高原面，形成高寒丘陵区（海拔 4500 米以上，相对高度小于 500 米），山势和缓，山顶面平齐。东西两端山势起伏较明显，现代冰川不发育，而古岩溶地形颇为发育，如日土、盐湖、纳木错等地，均有峰林、石林与溶洞等地形出现。湖泊集中在安多与盐湖一线以南，形成高原的湖群地带，区内湖泊大多为咸湖。

(3) 北羌塘高原湖盆区　北羌塘高原面是开阔的盆地和宽谷，在本区的中部和东南部，湖盆海拔最高，湖泊的退缩状态明显，有的只是季节性积水，甚至趋于干涸，现有胡泊均为咸湖或盐湖。本区的山地，西属喀拉昆仑山余脉，东部属昆仑山南支可可西里的支脉，南缘的昂龙岗日和木嘎岗日是冈底斯山的最北支，整个山地，山势和缓。山麓地区一些宽谷或盆地边沿，形成山麓倾斜平原（地面坡度在 10° 以下），有的地方受到切割成为岗地或台地。

(4) 昆仑山地区　羌塘北缘的昆仑山主脉，绵亘于新疆、西藏之间，自西向东，山脉走向由西西北—东东南转而近东西向，大多数为高寒中心（海拔 5000 米以上，相对高度 500～1000 米），个别地区有超过 6000 米的山峰，有比较明显的平缓山脊线。本区西北木斯塔格峰的东南玉龙喀什河上游，有一巨大的冰川群，称昆仑冰川，共有冰川达 3180 条，超过 10 公里的山谷冰川有数十条，溶水汇成玉龙喀什河、喀拉喀什河、克里雅河等，滋润灌溉塔里木盆地。在喀拉木伦山口附近有振泉错北的强巴欠火山群、涌波错大山群和巴毛穷宗火山群。藏北高原北部有近东西走向的数条第四纪火山活动带，是西藏高原强烈构造活动的佐证。

西藏地形类型及其分布见表 2-1-1。

二、河流和湖泊

西藏境内分布着地球上海拔最高的河流与湖泊。据不完全统计，流域面积大于 10000 平方公里的河流有 20 余条，大于 2000 平方公里的河流有 100 条以上。全区河流水量丰沛，产水量仅次于四川省居全国各省区的第二位，但水能资源丰富，占全国的 30%，居全国各省区之首。区内大小湖泊约 1500 多个，有盐湖、咸水湖和淡水湖。有些盐湖的锂和铯的含量，高出海水 1000～2000 倍。由此可见，西藏的河流与湖泊，不仅对西藏，而且对我国西南、西北以及毗邻地区国民经济的发展特别是能源的开发利用都是很重要的。

1.河流

高原河流分外流水系与内流水系两大系统。两大系统的主要分界线大致南以昂龙岗日—冈底斯山—念青唐古拉山为界，东至青藏公路附近，西至国界附近．内流水系主要分布在藏北高原，总面积 62.4 万平方公里，占西藏总面积的 50.7%；外流水系分布在内流水系的东、南、西外围，总面积为 58.1 万平方公里，占 49.3%（图 2-1-4）。

外流河系的干流及大的支流往往顺区域构造走向或纵向断裂而发育，主要包括有雅鲁藏布江、金沙江、澜沧江、怒江、狮泉河、朋曲、察隅曲等．其中除作为长江上游一部分的

表 2-1-1 西藏地形类型分布表

类别	分类指标	分布地区		面积 $\times10^4$km^2	占全区比例 (%)
极高山	相对高度（切割度）大于 1500m，海拔 6500m 以上	喜马拉雅山	中、西段以及南迦巴瓦峰附近	10.69	10.5
		冈底斯山	冈仁波齐峰、格莱居	0.73	
		念青唐古拉山	念青唐古拉山附近	0.39	
		昆仑山	昆仑山西段、木孜塔格山	0.67	
高　山	相对高度大于 1000m，海拔 4500m 以上	喜马拉雅山	阿伊拉日居、喜马拉雅山东段	11.63	37.7
		冈底斯山	冈底斯山西段、班公山等	5.14	
		念青唐古拉山	塔空巴日、当雄—八宿	13.03	
		喀喇昆仑山—唐古拉山	班公错北山、先且错东山、美马错西山、塔查普山、土则岗日、唐拉拉山东段等	4.93	
		昆仑山	黄羊沟南山、阿尔格山	0.18	
		横断山脉	伯舒拉岭、他念他翁山、宁静山脉	9.68	
高寒中山	相对高度 500～1000m	藏南地区		1.24	8.6
		藏北地区		8.94	
高寒低山	相对高度 200～500m	藏南地区		1.57	11.9
		藏北地区		12.55	
高寒丘陵	相对高度小于 200m	藏南地区		0.35	3.3
		藏北地区		3.52	
山麓倾斜平原	地面坡度不大于 10°	全　区		2.48	2.1
高原盆地 谷地平原 湖积平原		藏南地区		1.34	18.9
		藏北地区		21.10	
冲积平原		全　区		2.94	2.5
冰碛丘垄		全　区		1.11	0.9
侵蚀中山		藏东南中喜马拉雅山		3.48	2.9
侵蚀丘陵与低山		藏东南低喜马拉雅山		0.78	0.7
全区总计				118.47	100

金沙江外，均为国际河流。雅鲁藏布江及源于喜马拉雅山的许多河流流入印度洋的孟加拉湾。怒江流入缅甸称萨尔温江，注入印度洋的安达曼海。澜沧江是湄公河的上游，属太平洋

水系。狮泉河与象泉河汇入印度河最后入阿拉伯海（表 2-1-2）。

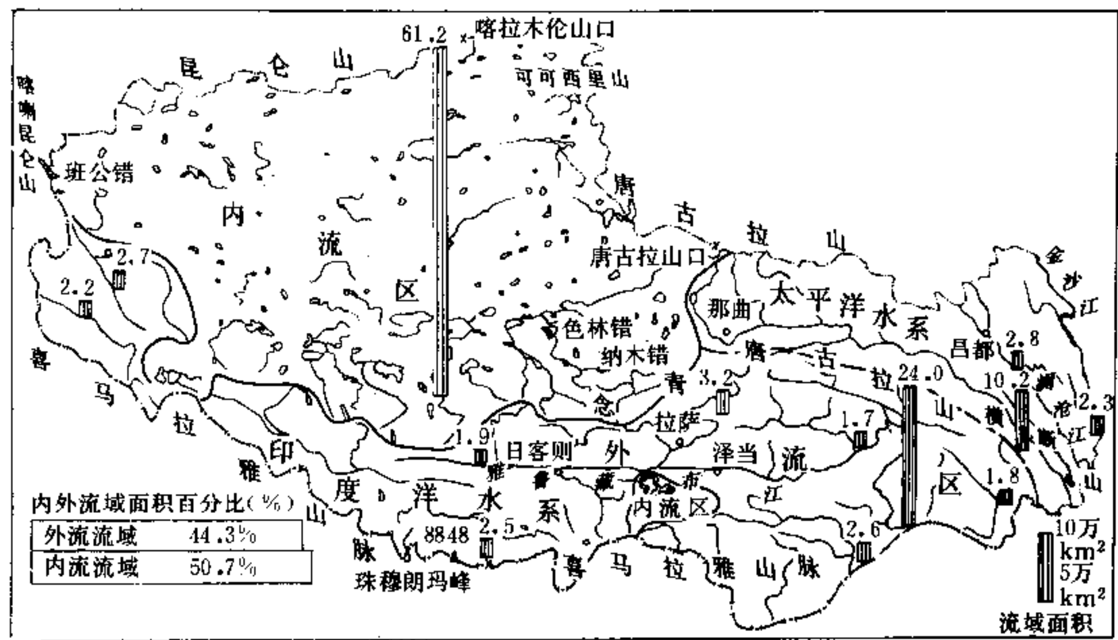


图 2-1-4　西藏内外流水系分区图

（据中国科学院青藏高原综合科学考察队《西藏自然地理》，1982）

表 2-1-2　西藏主要外流河一览表[①]

河流名称	流域面积 ×10^4km^2	河流长度 km	发源地	主要支流
金沙江	2.63	526	格拉丹东冰川	冷曲、热曲、欧曲
澜沧江	3.40	480	塔尔吉山	色曲、昂曲
怒江	10.13	1412	吉热格帕山	波曲、热曲、玉曲
察隅河	1.8	300	特格拉山和岗日嘎布拉	
雅鲁藏布江	23.8	2091	杰马央宗冰川	拉萨河、帕隆藏布、尼洋曲、年楚河
西巴霞曲（苏班西里河）	2.36	382	扎不扎山口	
朋曲	2.94	384	野布康加勒冰川	叶如藏布
孔雀河	3.06	110	兰批亚山口	
象泉河	2.52	314	曲西山口	
森格藏布	2.71	405	亚龙赛龙日山	噶尔藏布

①流域面积、河流长度系指西藏境内。

内流河系形态特征通常是自由发育的树枝状河道，逐渐向单一河道转化。由于高原内陆降水稀少，河水缺少补给水源，河网稀疏，河道分叉，源短流细，大部分河流几乎成为终年断流的干河滩。水系的发育受湖盆地形的影响，大部分流域面积不大，绝大部分属季节河或间歇性河。主要有注入色林错的扎加藏布，注入达则错的波仓藏布，注入依布茶卡的江爱藏布，注入扎日南木错的措勤藏布等（表2-1-3）。

表2-1-3 西藏主要内流河一览表

地区	河流名称	河流长度 km	流域面积 $\times10^4km^2$	最终侵蚀基准面的海拔高度（m）	注入湖泊名称
藏南主要内流水系	扎藏布	72.5	7450	4572	玛法木错—拉昂错
	巴日雄曲	54	3302	4590	佩枯错
	昂仁金错支流	10	170	4303	昂仁金错
	布马甫	9.5	89	4297	朗　错
	雅拉曲—区曲	44	1150	4420	错姆折林
	假克松—麻曲	69	3289	4418	多庆错—嘎拉错
	加　曲	39	1520	5008	普莫雍错
	甫江曲	72	7200	4443	羊卓雍错
	业久曲	48	1270	4611	哲古错
藏北主要内流水系	扎加藏布	480	4.475	4530	色林错
	准布藏布	170	1.023	4530	格仁错
	波　曲	107	1.048	4718	纳木错
	波仓藏布	285	1.048	4459	达则错
	达果藏布	200	0.88	4539	当惹雍错
	措勤藏布	260	1.78	4613	扎日南木错
	毕多藏布	160	1.955	4400	塔若错—扎布耶茶卡
	阿毛藏布	190	1.275	4689	昂拉仁错
	麻嘎藏布	170	2.173	4241	班公错
	鲁玛江冬支流	65	0.731	4810	鲁玛江冬
	江爱藏布	190	0.633	4557	依布茶卡
	多格错仁支流	100	0.86	4814	多格错仁

需要指出，西藏的内流水系与外流水系之间往往无明显的分水岭相隔，分水线在平面上呈犬牙交错状。第四纪以来，随着高原的隆起，促使河流溯源侵蚀加强；而气候的变化使得

高原河流、湖泊水量发生变化，引起高原部分外流水系封闭成内流水系，以及在高原边缘一些河流产生袭夺现象。西藏区内主要河流分述于后:

(1) 雅鲁藏布江　意为从最高顶峰上流下来的水。全长 2091 公里，流域面积 23.8 万多平方公里，源于西藏西南部桑木张以西、喜马拉雅北麓的杰马央宗冰川。大体由西向东横贯西藏南部，然后绕过喜马拉雅山脉最东端的南迦巴瓦峰，转向南流，经巴昔卡流出国境，进入印度境内后改称布拉马普特拉河，随后又流入孟加拉国与恒河相会后，注入印度洋的孟加拉湾。干流两岸支流众多，主要有拉萨河、帕隆藏布、拉喀藏布、尼洋曲、年楚河，其中除年楚河外均在北岸。雅鲁藏布江的天然水能储藏量仅次于长江，居全国第二位。最大洪峰出现在 7、8 月或 9 月,起涨消落较缓。雅鲁藏布江干流河水 pH 为 6.65～8.35,矿化度在 40～250 毫克／升之间，属重碳酸盐钙质水。

(2) 怒江　怒江是我国横断山地区最西的一条大河，其上游称那曲。发源于唐古拉山脉南侧海拔 6070 米高的吉热格帕山南麓，从云南省流出国境，进入邻国缅甸后，改称萨尔温江。最后注入印度洋的安达曼海。怒江在我国境内总长度为 1412 公里，流域面积约 10.13 万平方公里。怒江的流域形状呈长条形，总的地势是西北高、东南低，沿江注入的支流众多，主要有波曲河、下秋河、卓玛朗错曲、玉曲等。怒江河源海拔 5340 米，流出西藏处水面海拔为 1643 米，落差为 3697 米。上游河谷大至呈东西走向，呈串珠状湖盆—宽谷。中游处在横断山区，山高谷深，支流多垂直入江，构成“非”字形排列的羽状水系。怒江以雨水补给为主，干流在藏、滇交界以上的察瓦龙（扎那），年平均流量达 1250 立方米／秒左右。

(3) 澜沧江　澜沧江发源于青海省塔尔吉山，称扎曲，支流昂曲和扎曲在昌都会合后称澜沧江。流经昌都、察雅、芒康等县入云南，出国境后称为湄公河。澜沧江在西藏境内长约 480 公里，流域面积 3.4 万平方公里，在西藏境内的江面落差为 1300 米，年平均流量为 529 立方米／秒（德钦站）。澜沧江稳定的流量对于今后的开发利用尤其是水力发电方面是良好的条件。

(4) 察隅曲　察隅曲位于西藏东南，正源为桑曲，发源于德姆拉山南麓。东邻怒江流域，西与丹龙曲（达兰河）流域相连，南同印度、缅甸接壤，北与雅鲁藏布江流域毗邻，是西藏大河流之一。在西藏境内流域面积为 1.8 万平方公里，流域内北高南低，源头海拔 5475 米，于巴兰岗附近流入印度境内后改称鲁希特河，在萨地亚西部汇入布拉马普特拉河。察隅曲支流较多，主要有沙夷弄巴、乃钦果拉曲等。察隅曲流域面对孟加拉湾，印度洋暖湿气流在此停滞，降水非常丰富，年降水量达 800 毫米（吉公)。流域内冰雪作用活跃，现代冰川末端最低可达 2500 米左右，(阿扎冰川)；河流内水量丰富，流水作用强烈，形成高山深谷地貌。

(5) 森格藏布（狮泉河）　狮泉河是印度河的上源，亦是西藏西部阿里地区的主要河流之一。河源最先由泉水流出，泉水所在山体形同狮子，因此得名。狮泉河发源于冈底斯山脉主峰冈仁波齐峰北部的森格喀巴林附近，源头海拔 5164 米。从河源起大致由南往北流，至革吉附近转向西流，于鲁玛桥以西汇入主要支流噶尔藏布，再往西北经扎西岗流出国境，在我国境内河长 405 公里，流域面积 2.71 万平方公里。狮泉河许多支流发源于冈底斯山脉冈仁波齐峰附近的现代冰川湖，干流心滩很发育并常形成小型牛轭湖。狮泉河常年流水，地下水是该河干流的重要补给水源。狮泉河汛期在每年 8 月，此时降水多属雨雪混合型，夏汛具有峰高量大、陡涨陡落的特点，月平均流量 9.38 立方米／秒。

(6) 扎加藏布　扎加藏布是色林错的最大支流，主干长 480 公里，发源于唐古拉山南

麓，冰雪融水补给，中游河曲发育，下游出口处有宽阔的沼泽地。中游牛堡大桥附近水面宽98米，平均水深1。8米，流量61立方米／秒，矿化度613毫克／升，属硫酸盐类水。

(7) 江爱藏布　江爱藏布是伊布茶卡的最大支流，主干流长190公里，发源于沃若日、那底岗日、江爱达日那，冰雪融水补给。河谷贯穿几个盆地，而成为串珠状谷地，宽谷段可达8～10公里，而窄谷段不到1公里，河流曲折多叉，小湖泊众多，上游段有时断流，中游段河水矿化度1024毫克／升，属氯化物类水。

2.湖泊

西藏是我国湖泊最多的地区，据中国科学院南京地理研究所资料，湖泊总面积为24183平方公里，总数约1500多个。其中面积大于1平方公里的湖泊共612个，面积超过5平方公里的有345个，超过50平方公里的有104个，超过100平方公里的有47个，超过500平方公里的有7个，超过1000平方公里的有3个。湖泊面积占全国湖泊面积的30%。高原湖泊虽多，但分布很不均衡，根据水系的不同特点，湖泊区分为外流湖和内陆湖两类，全区湖泊相应地可划分为三个区，即藏东南外流湖区、藏南外流—内陆湖区和藏北内陆湖区（图2-1-5）。

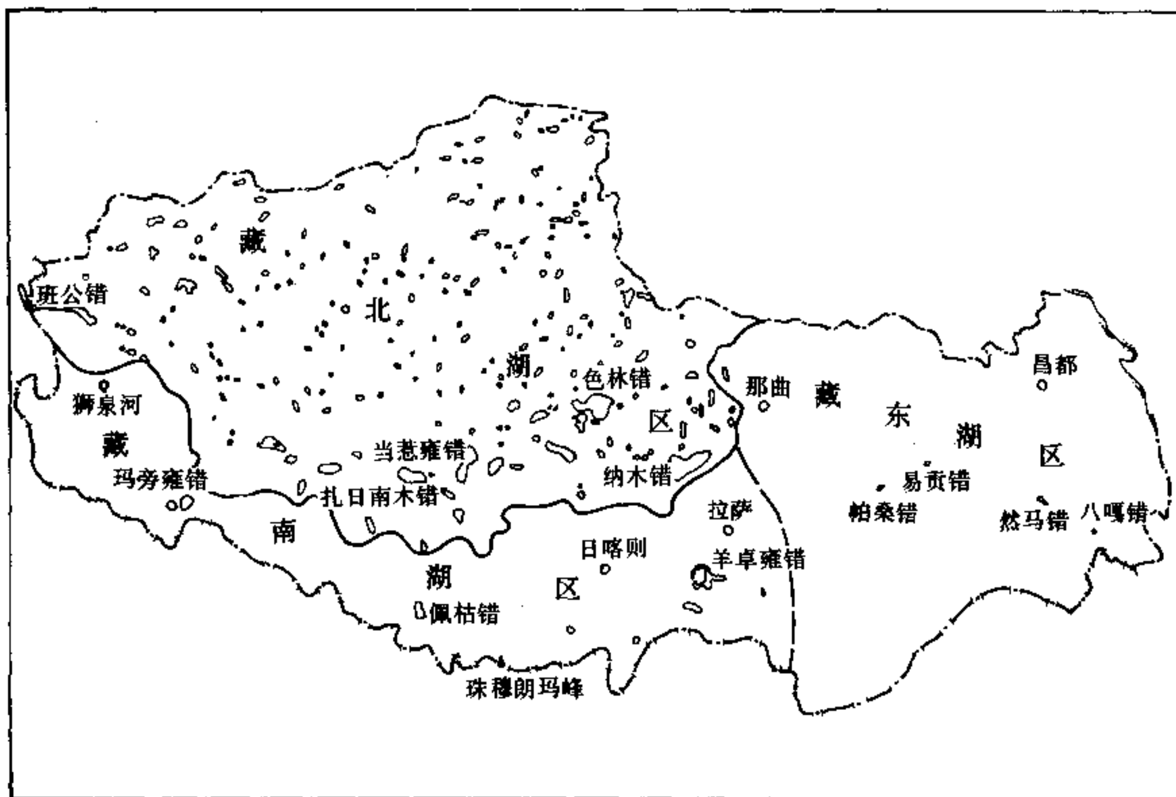


图2-1-5　西藏湖泊分区图

（据中国科学院青藏高原综合科学考察队《西藏地貌》，1982）

西藏的湖泊蕴藏着大量水资源和盐类矿产资源，很多湖滨平原为良好的草场，湖泊本身又是高原自然环境的一个重要组成部分，所以对于工农业生产都有比较重要的意义。现择其主要者叙述如下：

(1) 羊卓雍错　羊卓雍错是雅鲁藏布江南岸、喜马拉雅山北麓最大的一个内陆湖泊。湖面海拔 4442 米，面积 694 平方公里，水深一般 20～40 米，东南部最深 59 米。湖泊形态不规则，湖中丘陵突起，多岛屿，湖岸曲折多湖汊岬湾，西南有空姆错、沉错、巴纠错等分离的小湖，湖滨平原狭窄。湖水主要由降水和冰雪融水补给，湖水矿化度为 1.7 克／升。羊卓雍错每年 11 月中旬封冻，冰厚约 0.5 米。羊卓雍错湖滨阶地普遍发育，有比高为 12 米、20 米、100 米等三级明显的湖滨侵蚀阶地。

(2) 纳木错　纳木错，藏语为"天湖"之意，蒙语称腾格里海。位于藏北湖区东南，当雄县和班戈县境内。是我国第二大咸水湖，亦是世界上海拔最高的大湖，素以湖面大、景色瑰丽著称。湖面海拔 4718 米，湖水面积 1920 平方公里。东西长 70 公里，南北宽 30 公里，念青唐古拉山主峰在其东南。纳木错的东岸和西岸，地形开阔，具有较宽广的湖滨平原，平原上有多道环湖砂砾堤。西北湖域中有一岛屿叫朗多，东西长 2 公里，海拔 4845 米，环岛的二级湖滨阶地十分发育。此内陆湖补给水源除来自念青唐古拉山一些支流外，较大的河流有来自西南侧的昂曲和则曲，湖深 33 米左右。湖面每年冬季结冰很厚，至翌年 5 月开始融化。纳木错湖水为咸水，不能饮用。

(3) 玛旁雍错　玛旁雍错曾名马法木错，是西藏西南部边境地区著名的湖泊，与拉昂错为冈底斯山与喜马拉雅山脉西段之间的一双孪生湖泊。玛旁雍错面积 412 平方公里，海拔 4587 米，最大深度 81.8 米，位于普兰县址东北。湖盆形态北岸宽，南岸窄，长 26 公里，宽 21 公里。湖水补给主要靠南侧喜马拉雅山西段纳木那尼峰北坡的冰雪融水。玛旁雍错集水面积 4560 平方公里，入湖河道主要有扎曲、萨摩河、洛达林河、巴钦河等。湖水矿化度约 400 毫克／升，属淡水。同时湖水含硼、锂、氟等微量元素。湖岸平直、湖水清澈，湖心透明度达 14 米，是地球上高海拔地区淡水最多的湖泊之一。

(4) 班公错　全湖面积达 640 平方公里，其中我国境内为 413 平方公里，克什米尔地区为 191 平方公里。湖面海拔 4241 米属我国部分的湖面，位于阿里地区日土县境内，湖周山峦连绵，雪峰挺拔，湖深 41。3 米，湖中有小岛。有麻嘎藏布和多玛曲等较大支流汇入，东段湖水较淡，可饮用；西段支流补给湖泊水量较小，逐步过渡为半咸水和咸水性质。东段矿化度 700 毫克／升左右，西段则增至 10000 毫克／升。如果高原气候变迁继续朝着干冷的趋势发展，随着补给水源的减少，水质将会加速咸化。

(5) 易贡错　易贡错位于波密县境内，是帕隆藏布支流易贡藏布下游谷地的外流湖。湖盆呈北西—南东向长条形，长约 16 公里，宽 1.5 公里，流域面积约 1。5 万平方公里。湖面高程 2150 米，最大水深 25 米左右。该湖发育在经过冰川作用过的河道宽谷中，属偃塞湖。湖盆两侧发育有 10 多条源于冰川的深切沟谷，源头雪峰连绵，冰川发育，其冰雪融水补给湖水，湖水矿化度 0。06 克／升，属淡水，水型属重碳酸盐类。

(6) 色林错　色林错曾名奇林湖，是藏北高原第二大湖。湖面海拔 4530 米，湖水面积达 1865 平方公里，东西长 75 公里，南北宽 40 公里，湖泊呈不规则形状，并多半岛峡湾。由于总流域面积达 45530 平方公里，所以是西藏最大的一个内陆湖水系。流域内有许多河流与湖泊互相串通，组成一个封闭的内陆湖泊群。除色林错外，较大的湖泊还有格仁错、吴如错、错鄂、仁错贡玛、恰规错等。色林错处于全流域最低洼的地区，是水流汇集的中心。色林错流域处于藏北内流区的东南部，地形封闭，湖盆面积较大，湖滨平原开阔，水草丰茂，是藏北重要的畜牧业基地之一。

(7) 当惹雍错　当惹雍错又名唐古拉攸木错，是冈底斯山脉中段北麓的一个较大的内流

湖。湖泊呈北北东方向延伸，长 70 公里，宽 20 公里，面积达 1399 平方公里，湖面高程 4528 米。当惹雍错盆地是一个南北向长条形洼地，包含当惹雍错、当穹错和许如错三个湖泊，长度可达 190 公里。在当穹盆地边沿，有多处热泉溢出，周围沉积了大片泉华丘、泉华台地，在湖滨遗留下大片热水沼泽。

其他尚有扎日南木错、错尼、佩枯错、达则错、扎仓茶卡等湖。

此外，由于高寒的气候使西藏地区物理风化特别强烈，同时强烈的隆起加大了高原边缘地形的切割深度，山崩、滑坡、泥石流非常活跃，随之各种成因的堆积物堵塞河谷而形成许多偃塞湖。著名的除上述易贡错外，还有八松错、布冲错、布托错穷、窝果斗林错、窝果勇错、穷比吓玛错、错课卧马错、错嘎错、古乡错、然乌错、八嘎湖等。

三、土壤和植被

西藏高原土壤和植被的发育反映了高原隆起的强烈影响，它具有几个明显的特征，即土壤发育的年轻性和多元性、植被发育的衰退性或残留性。但根据其发育程度和发展动态，在高原不同的地区各有不同的表征。

1.土壤

西藏现代土壤发育的环境是复杂的，取决于气候与植被的复杂的三度空间变化。从历史的观点来看，西藏自第四纪以来环境变迁的进程对土壤发育影响是多方面的。全新世后期高原内部气候趋于寒冷和干旱，使现阶段的土壤发育处于一个与过去完全不同的新的成土过程，表现了土壤发育的年轻性。此外，环境的迅速变迁使前期环境条件下土壤的产物有可能保存下来，并参与现代土壤剖面的发育，从而使其具有多元发生的特征。西藏的土壤类型，大体上可以划分为两大系统，即大陆性荒漠土—草原土、草甸土系统，包括高原面上各种草被下发育的高寒土类；海洋性森林土系统，包括东南部和喜马拉雅南翼的各类森林及高山灌丛植被下发育的土壤。

西藏各类土壤的分布，均受温度、水分及植被条件的制约。大陆性系统中，除寒冻土，包括高山草甸土、高山草原土和高山荒漠土三类以及在藏南谷地占优势的山地灌丛草原土；海洋性系统中，由于山区地形、气候和植被的影响，土壤的分布比大陆性系统复杂，成土作用的制约因子亦比较复杂，主要包括漂灰土、灰化棕壤、黄棕壤、褐土、黄壤、灌丛草甸土等。

西藏土壤分布及发育趋向，在水平地带的基础上有明显的垂直带性，据此，西藏可分为六大土壤区：

1）喜马拉雅南翼森林土壤区；

2）藏东山地森林土壤区；

3）藏东北高山草甸土壤区；

4）藏南山地灌丛草原土壤区；

5）藏北高山草原土壤区；

6）藏西北高山荒漠土壤区。

2.植被

西藏高原的植被从东南到西北随着自然条件的水平、垂直及坡向等变化，依次出现森林、草甸、草原和荒漠，各有不同的垂直带谱。根据孢粉和古植物的研究，在高原隆起过程中，由于纬度及地势的影响，高原各地植被的演替存在着区域的和垂直的差异。自上新世至晚更新世，它们的变化顺序大体上是亚热带森林、森林草原—温带森林—寒冷灌丛草甸—寒

冷荒漠。由此，随着高原的隆起，气候恶化，森林不断由内部向外缘退缩，在退缩的过程中，高原东南边缘湿润气候条件有利于森林的保存，西北的寒冷干旱气候则促使森林消失，以致植被在西藏高原内部呈现退化和残留的状态。现在，按照植物生活型和群落生态外貌，可将西藏植被划归7个主要植被型：阔叶林、针叶林、灌丛、草甸、草原、荒漠和高山植被。它们的分布与西藏境内温度水分条件的水平与垂直分异有密切的关系。

按照植被分布的基本特点，即植被类型的水平地域分异和垂直变化，将西藏划分为六个植被区（图2–1–6）。

1）喜马拉雅南翼热带雨林，山地常绿阔叶林区；

2）藏东山地针叶林区；

3）藏东北高山灌丛草甸区；

4）藏南山地灌丛草原区；

5）藏北高山草原区；

6）藏西北荒漠与荒漠草原区。

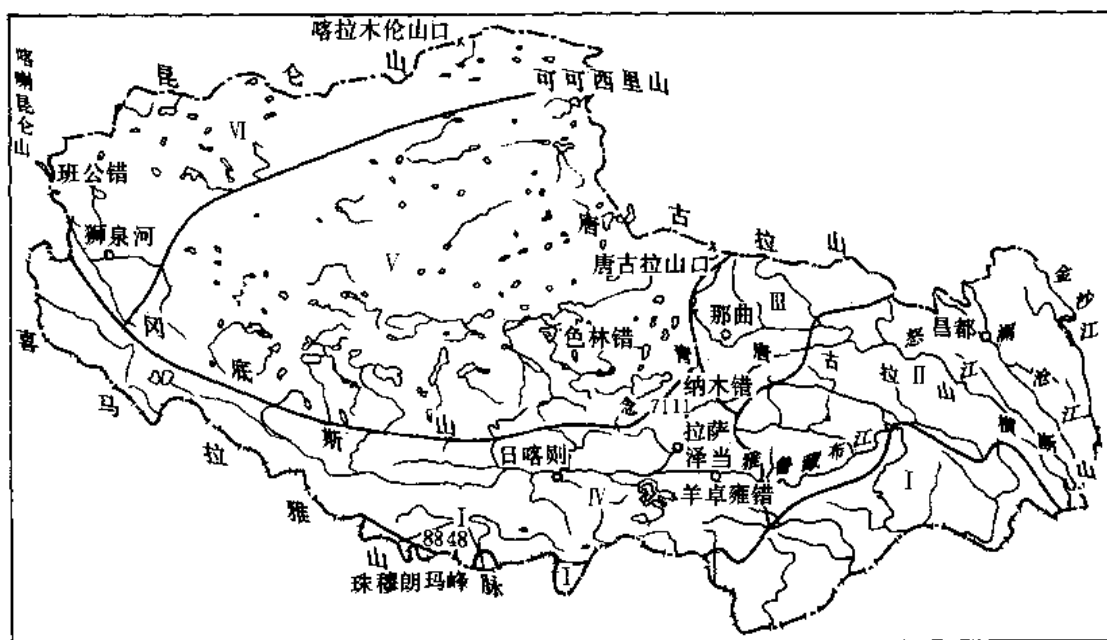


图2–1–6　西藏植被分区图

（据中国科学院青藏高原综合科学考察队《西藏自然地理》，1982）

Ⅰ—喜马拉雅南翼热带雨林、山地常绿阔叶林区；Ⅱ—藏东山地针叶林区；Ⅲ—藏东北高山灌丛草甸区；Ⅳ—藏南山地灌丛草原区；Ⅴ—藏北高山草原区；Ⅵ—藏西北荒漠与荒漠草原区

四、气候

西藏在全国气候区划中，属青藏高寒气候区域的一部分，基本特点是：气温低、空气稀薄、大气干洁、太阳辐射异常强烈。大部分地区的最暖月平均温度在10℃以下，1月和7月平均温度比同纬度我国东部低地低15～20℃。整个西藏全年无夏季❶。

❶平均温度持续22℃以上的时期为夏季。

高原处在孟加拉湾北部亚热带的纬度位置，相对于高纬度地区来说，天气变化较复杂，日变化大，昼夜分明，季节现象明显。西藏平均海拔在4000米以上，与同纬度东部低地相比，对流层厚度要少4000左右，气柱重量少三分之一左右。高原耸立在对流层的中下部，对大气运行的阻碍、分支和会合，水汽输送，冷空气活动路径，锋区扰动等都有明显的动力作用。高原对厚度不大的低空冷暖气团和锋面活动是一个较难逾越的障碍，既阻挡从西伯利亚西部侵入我国的冷空气南下，同时也妨碍孟加拉湾热带暖湿气流向北推进。高原对流层厚度薄，因而天气系统都具有尺度小、生命短、变化快的特点，地方性气候特色十分明显。

西藏太阳辐射的特点是由于纬度低、海拔高、空气稀薄，所含杂质和水气少，干季云少，雨季中白天亦很少云层密布而决定的。所以，太阳直接辐射可以占大气上界太阳辐射的50%，在全国是高值区。直接辐射和在太阳辐射的光谱组成中富于紫外辐射值都是随海拔高度的增加而增加。西藏的太阳年总辐射值是全国之首，大致以索县、嘉黎、错那一线为界，其东南部小于150千卡／平方厘米·年，而西北高原面上大都在150千卡／平方厘米 年以上。与同纬度东部低地(如重庆、南昌、杭州等)相比较，偏高约70～110千卡／平方厘米 年。在农业生产上，强烈的太阳辐射对于弥补高原上因海拔高而造成的温度不足，有十分重要的意义。

西藏年平均温度南高北低，反映出纬度的影响。夏季影响气流沿河谷逆水而上，河谷地区远较两侧高山温暖，因而雅鲁藏布江中游及其支流拉萨河、年楚河、尼洋曲流域成为西藏自治区农业的精华所在。西藏夏季温度不高，离不开秋装，最暖月平均温度如拉萨15.5℃(6月)，林芝15.6℃ (7月)，日喀则14.6℃ (6月)。冬季气温很低，1月平均温度在高原北部为−16℃，即使在雅鲁藏布江谷地，也是−3℃左右，冬季极端最低温度可达−46.4℃(定日)。温度的年较差为18.4℃ (日喀则)，最大年较差为26.0℃ (狮泉河)，日较差为20.4 (那曲)。农作物生长期若以日平均温度稳定通过10℃计，雅鲁藏布江谷地在150天左右，藏北羌塘有许多地方不足50天，甚至还有不出现大于10℃的地方，后者一般不能种植农作物。

西藏年降水量分布特征为：藏东南4000毫米以上，往西北逐渐降至50毫米以下。降水量最多地区是最少地区的100多倍。如雅鲁藏布江下游谷地的巴昔卡，年降水量达4495毫米，是我国降水量最多的中心之一；而与新疆交界的西北地区，年降水量在30毫米以下，是西藏降水最少的地区。西藏的蒸发强度是比较大的，平均年蒸发强度多在1500～2500毫米，最大年平均蒸发强度为2667.9毫米 (泽当)。西藏风速最大的季节在春季或冬季，夏秋之交的风速通常较小。各地各月的平均风速皆在1～3米／秒的范围内。大风带阵性，一般出现在下午，瞬时风速达17米／秒以上。

根据以上所述，西藏气候地域类型可分8个 (图2−1−7)：

1) 喜马拉雅山南翼热带湿润气候地区；
2) 喜马拉雅山南翼亚热带湿润气候地区；
3) 藏东南温暖半湿润高原季风气候地区；
4) 藏南温暖半干旱高原季风气候地区；
5) 阿里温凉干旱高原季风气候地区；
6) 那曲寒冷半湿润高原季风气候地区；
7) 羌塘寒冷半干旱高原季风气候地区；
8) 昆仑冻寒干旱高原季风气候地区，

图 2-1-7　西藏气候地域类型

（据中国科学院青藏高原综合科学考察队，《西藏自然地理》，1982）

L_{Ia}—喜马拉雅南翼热带湿润气候地区；L_{IIa}—喜马拉雅南翼亚热带湿润气候地区；H_{IIIb}—藏东南温暖半湿润高原季风气候地区；H_{IIIc}—藏南温暖半干旱高原季风气候地区；H_{IVd}—阿里温凉干旱高原季风气候地区；H_{Vb}—那曲寒冷半湿润高原季风气候地区；H_{Vc}—羌塘寒冷半干旱高原季风气候地区；H_{VId}—昆仑冻寒干旱高原季风气候地区

五．现代冰川

西藏高原是地球上中低纬度地区最大的冰川分布区，它的大部分地区位于亚热带纬度，有的冰川伸进山地亚热带的茂密森林中。其所以如此是由于青藏高原在第四纪期间强烈隆起，使山地伸入雪圈之中，因而发育起大面积的现代冰川。西藏高原诸山系及边缘山地的现代冰川总面积为 94554 平方公里。高原冰川发育的自然条件中，地势、地形和气候是三个决定性的因素，其中只要有一个因素占优势，就可以发育大规模的冰川。大喜马拉雅山是地球上最高大的山系，拥有 7000 米以上高峰五十多座，其中 8000 米以上高峰为 10 座，均是有名的冰川发育中心。西藏高原冰川区划初步可划分为：

I.地中海型海洋性冰川区，主要出现在高原西部边缘山地。

II.（a）季风海洋性冰川，分布在西藏东南部、滇北、川西及喜马拉雅山南坡；（b）季风大陆性冰川，高原季风区内除海洋性冰川以外地区。

III.大陆性冰川，高原内部及北部非季风区。以上区划可参见图 2-1-8。

西藏高原诸山系及其边缘山地的现代冰川，分布在我国境内的为 46640 平方公里，已知最厚的冰川可达 1000 米（如喀拉昆仑山的希式帕冰川），即使小型的冰斗冰川亦有数十至百米的厚度。各类冰川的平均厚度为 102 米。我国西藏高原现代冰川的冰储量达 4757 立方公里，折合水储量为 4282 立方公里，接近于 75 条黄河的年入海径流量。西藏现代冰川可分为 8 个分区：即喜马拉雅山现代冰川、冈底斯山现代冰川、念青唐古拉山现代冰川、岗日嘎

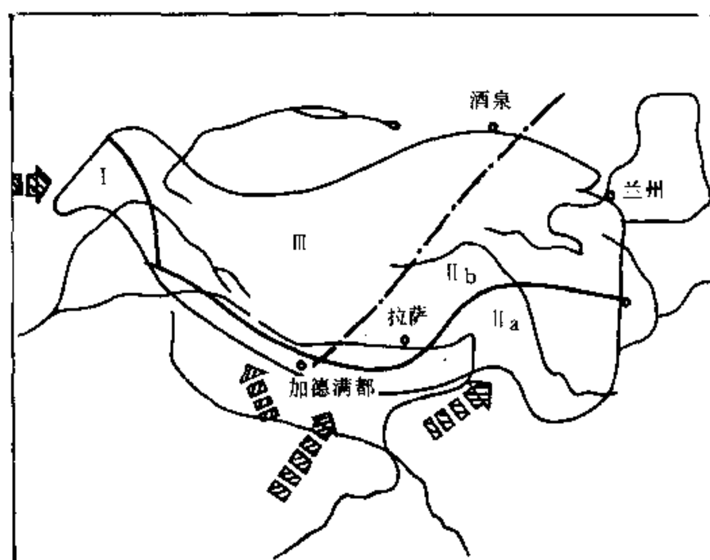


图 2-1-8　西藏高原及邻区冰川类型区划图
（据中国科学院青藏高原综合科学考察队《冰川》，1982）

布现代冰川、唐古拉山现代冰川、羌塘高原现代冰川、阿里喀拉昆仑山现代冰川和西昆仑山现代冰川。现分述如下：

1.喜马拉雅山现代冰川

世界上最雄伟的喜马拉雅山有发育现代冰川的良好的地势条件，并且由于面对夏季发源于印度洋的强大的西南季风，冰川补给条件比较有利，所以是西藏高原冰川规模最大的山脉。1979 年根据 1／100 万的卫星照片量算我国境内喜马拉雅山冰川面约 11000 平方公里。喜马拉雅山西段的现代冰川主要有门巴日冰川、蒲尔卡美特冰川和扎纳冰川等；中段有多游冰川、杰马央宗冰川、阿色加果冰川、野博康加勒冰川。富曲冰川、孔布冰川、格重巴冰川和北坡最大的绒布冰川；东段有别隆冰川；喜马拉雅山以北有卡惹拉冰川、康布冰川和枪勇冰川等。珠穆朗玛峰地区的现代冰川，在分水岭北坡的冰川属于粒雪盆高位型冰川，具有较高的稳定性；南坡冰川主要是靠陡坡雪崩补给，没有发育完整的粒雪盆，属低位冰川。迹象表明，南坡冰川有逐步溯源侵蚀北坡冰川的趋势。南坡曾经发生过灾害性的冰川滑崩，如穷比吓马冰川位于泡罕里山东坡，1940 年 7 月 10 日，冰舌滑崩入湖，以致亚东城被淹没。

2.冈底斯山现代冰川

冈底斯山冰川总面积为 2188 平方公里，已统计到有 3077 条冰川，冈底斯山以冰斗冰川和悬冰川为主，山谷冰川较少，属小型冰川作用地区。从冰川发育条件来看，拉萨以西冈底斯山降水少，地势平坦较高，冰川靠海拔的低温条件而存在，属大陆性冰川。拉萨以东山地降水丰沛，冰川的海洋性特征表现比较明显，但由于这里的山势较低，很少有 6000 米的高峰，所以只发育了一些零星的冰斗冰川。

冈底斯山西段发育于昂龙岗日主峰南坡最大的冰川为罗旺桑布勒 4 号冰川，由两条山谷冰川汇合而成；冈仁波齐峰地区以悬冰川和冰斗冰川为主；空波岗日山山势较陡，山体高大，最大的冰川为下吉朗冰川；郭堇岗日山是冈底斯山冰川最集中的地区，共有冰川 213 条，以冰斗冰川和悬冰川为主，最大者为虽瓦冰川。冈底斯山中段冰川小而分布零星。冈底

斯山东段属海洋性冰川区，以悬冰川和冰斗冰川为多，最大者为则弄冰川，是冈底斯山冰川末端最低的一条冰川，东段冰川积累多，消融强，冰舌陡，常发生冰川滑崩。如达门拉喀冰川于 1964 年 7 月 23 日突然滑崩，造成冰川泥石流灾害。

3.念青唐古拉山现代冰川

整个念青唐古拉山西段高度大于东段，超过 7000 米的山峰有 4 座。东段正好面对雅鲁藏布江大拐弯西南季风暖湿气流进入高原的要道上，地形抬升使这里成为整个高原降水最多和最湿润的地区，因而现代冰川十分发育。念青唐古拉山总计有现代冰川 2905 条，面积 5898 平方公里。最大的恰青冰川，长达 35 公里；较大的有若果冰川、珠西沟冰川、则普冰川和卡佳冰川等。冰川多集中在雅鲁藏布江大拐弯处帕隆藏布的东西二支流易贡藏布和波堆藏布流域，该区是地球上中低纬区最强大的冰川作用中心之一，东段冰川最多，约占三分之二，充分反映了这里降水对冰川发育的决定性影响。另外，由于念青唐古拉山主山脊在气候上的明显的屏障作用，使山脊南北坡冰川及其周围景观有很大差异。山脊南坡以恰青冰川为代表，冰舌自粒雪盆以下经过亚高山灌丛草甸带一直到马亚热带的木瓜茶叶种植区紧相邻接；而山脊北坡以学曲冰川为代表，末端是高山草原，非常空旷。一山之隔而冰川周围的环境相差悬殊，世界上仅有南阿尔卑斯山东西两侧的冰川可以与之相比。

4.岗日嘎布现代冰川

岗日嘎布（山）位于波密县南部，与墨脱、察隅和八宿毗邻，是西藏高原南部边缘受西南季风影响最强的一条山脉。孟加拉湾的湿润气流常登临高原形成强大的降雪，丰沛的降雪和降水对冰川发育起着良好的作用，因此岗日嘎布冰川十分发育，西藏最低的冰川阿扎冰川、最宽和面积最大的拉古冰川都出现在这里。岗日嘎布共有冰川 1638 平方公里，占波密南山总面积 16%左右，是西藏高原冰川覆盖率最高的山脉之一。岗日嘎布冰川主要集中于东段，特别是以阿扎冰川和拉古冰川为代表的然乌错以南地区是整个山脉冰川最发育的地方；山脉西段冰川零星，主要分布冰斗冰川和悬冰川。就冰川分布形式来说，大多数为对称的羽状冰川，属横谷冰川类型，只有东段拉古冰川属纵谷冰川，并在瓦勒拉山口见到平顶冰川。瓦勒拉山口冰舌强烈下伸，形成许多壮观的冰瀑布，南坡谷地正在向北溯源侵蚀。此外，发源于格尼峰的修卡加冰川末端位置最低为 3600 米，冰川长度为 7 公里左右。

5.唐古拉山现代冰川

唐古拉山为太平洋与印度洋流域的重要分水岭，冰川发育地形的因素起了决定性作用，共有 1032 条冰川，冰川面积 2082 平方公里。西段冰川规模大，主要受益于夷平面保留较好且被抬升到雪线以上；东段地形切割强烈，处于迎风面或阴坡的冰川发育良好，雪线明显下降，冰川末端也相应下降。唐古拉山冰川面积的 59%流入属于太平洋水系的长江和澜沧江。东段由于怒江和澜沧江强烈切割，往往山高谷深，除发育少数较大的山谷冰川外，主要是冰斗冰川和悬冰川，冰川规模较小。唐古拉山最大的山谷冰川为姜古迪如冰川和足学会冰川；中段没有规模太大的冰川，只有山脊冰川和哈白珠岭冰川群、固尔班罗齐冰川群两个中心。最长的龙匣宰陇巴冰川也只有 6.3 公里，而面积却达 20.3 平方公里，代表唐古拉山中段冰川在壮年期宽谷中发育的特征。

6.羌塘高原现代冰川

羌塘高原系指冈底斯山以此，昆仑山以南，唐古拉山以西的广大高原内陆流域地区。自然条件恶劣，大部分地区杳无人烟，平均海拔在 4800 米左右。本区位于西藏高原腹地，西风环流的水汽大部被喀拉昆仑山、西昆仑山截获，所以冰川面积是西藏各山系中最小的，冰

川总面积仅约 1986.93 平方公里，其中冰帽冰川共 35 处，冰帽是羌塘高原上主要的冰川类型。冰帽按其形态特征可分为倾斜平顶冰川、桌状平顶冰川、穹状冰帽冰川、复合型冰帽冰川等。本区冰川分布零星，超过 100 平方公里的冰川作用中心有金阳岗日、土则岗日、藏色岗日、普若岗日及隆格尔山五处。本区除了有比较引人注目的冰帽冰川以外，长度超过 5 公里的山谷冰川计有 19 条，较大的山谷冰川为普若岗日 1 号和 3 号冰川。本区冰川融水全部流入内陆湖泊中，其中直接由冰川补给的大湖泊有月牙湖、拜若布错等。羌塘高原现代冰川退进变化幅度最小，甚至第四纪古冰川遗迹分布范围，仅比今日冰川长数公里。

7.阿里喀拉昆仑山现代冰川

阿里喀拉昆仑山是喀拉昆仑山的东延部分，冰川总面积约 1412 平方公里，有冰川 775 条，约占山地总面积的 3%，处于冈底斯山和西昆仑山之间，大部分冰川流水流入高原湖盆区。山地由于断层影响和河流的溯源侵蚀，山体分割强烈，宽大的夷平面保留甚少，因此大冰川和平顶冰川不多，长度超过 7 公里的冰川共有 14 条，但从冰川发育的规模看，山谷冰川比冈底斯山的大些。本区各山地冰川的分布是：在泽错周围，共有四座冰川比较集中的雪山即扎嘎尔峰、石尖山、熊彩岗日和东南面的 6790 米高峰，较大的冰川有展金冰川（是阿里喀拉昆仑山最长的冰川）、展穷冰川（是阿里喀拉昆仑山面积最大的冰川）、东野马滩冰川和羌臣摩曲冰川；散尔多山地区主要发育悬冰川和冰斗冰川，较大的有大清水河冰川、散尔多平顶冰川和热合拔白草冰川；清澈湖—阿鲁错南山区因受山势走向的影响，冰川分布于山脊的东北坡或西南坡，主要有努布冰川、骆驼冰川、美马冰川和塔查普峰冰川区。

8.西昆仑山的现代冰川

西昆仑山共有冰川 4306 条，面积 8438 平方公里，约占该地区面积的 8.2%，其中以玉龙喀什河南的昆仑山脉最多，长度超过 10 公里的大冰川共 40 条。冰川按其形态特征可分为悬冰川、冰斗悬冰川、冰斗冰川、冰斗山谷冰川、山谷冰川和平顶冰川。中央为昆仑山主脉，山体高大雄伟，主要冰川都集中在这一带的高山上。靠近塔里木盆地南部高山，由于切割强烈，山坡陡峭，发育的冰川大部分为中小型山谷冰川。主要山峰地区冰川分布为：木斯塔格峰地区的冰川主要为山谷冰川，粒雪盆一般不显著，冰雪崩频繁，多冰舌、冰坎和冰瀑布；阿克沙依峰地区较大的冰川有庞纳子冰川、阿克沙依冰川、阿西赛依冰川和滚石子沟冰川；玉龙喀什南山是冰川分布最集中规模最大的地区，主要冰川有玉龙冰川、多峰冰川、崇测冰川等。由相连的平顶冰川和山谷冰川组成；木孜塔格山主峰北坡是库里库宁大型山谷冰川，亦称冰鳞冰川，主峰西坡为车尔臣河最大的鱼鳞冰川。此外，西昆仑山主山脊南北向两排高山冰川都比较小且分布零星。

六、交通建设

西藏没有铁路和水路运输，公路运输成为西藏交通的命脉，汽车担负着全区主要的运输任务。现有公路干线 15 条，通往县、乡的公路 300 余条，绝大部分县区都通了公路，通车里程达 22000 公里。以川藏、青藏、新藏、滇藏公路为主干，以拉萨、日喀则、昌都、那曲为中心的全区公路交通网已初步形成。总长 1200 多公里的青藏、拉贡公路全部铺成了柏油路面，川藏公路的危险地段亦进行了改建、扩建，交通运输条件不断得到改善。民航事业的发展也比较快，目前已经突破青藏“空中禁区”，开辟了拉萨—成都、拉萨—北京、拉萨—西安、拉萨—格尔木—兰州等航空线（图 2–1–9）。

七、主要城镇及人文状况

西藏自治区有 6 个地区、1 个市、71 个县和 1 个城关区、2 个县级办事处和 1 个口岸。

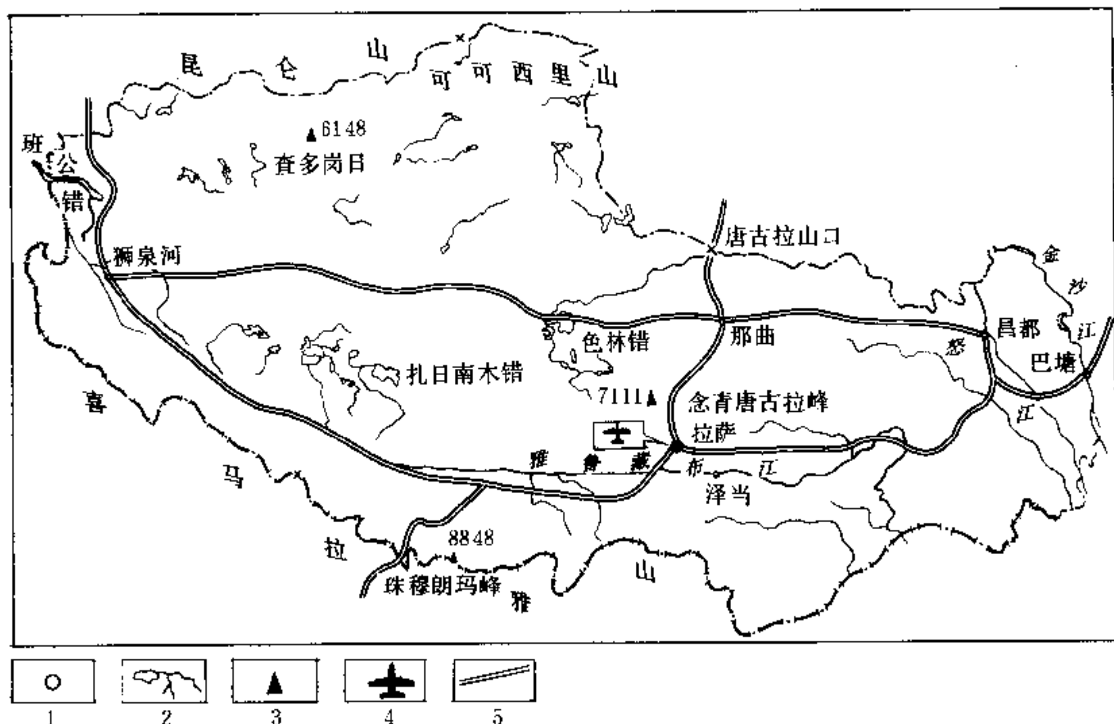


图 2-1-9　西藏自治区交通位置图

（据中国科学院青藏高原综合科学考察队《西藏自然地理》之附图，考察路线图修改）

1—城镇；2—湖泊；3—山脉；4—飞机场；5—公路

全区人口 189.24 万人（1982 年 7 月 1 日），全区有 33 个民族，藏族 178.65 万人，占 94.4%，汉族 9.17 万人，占 4.8%；其余门巴、珞巴、僜巴、夏尔巴和回族等 31 个少数民族共 1.413 万人，占 0.8%。

拉萨市　为西藏自治区首府，是西藏的政治、经济、交通、文化中心。

日喀则　西藏古老的手工业城市，现代工业正在兴起。

林芝　藏东新兴工业城镇。

昌都　藏东经济中心和川藏交通重镇。

那曲　青藏、川藏公路交点，那曲地区驻地。

八、经济发展概况

西藏是我国五大牧区之一，可利用草原面积 8 亿多亩，居全国第一位。畜牧业在西藏经济中占有重要地位，总产值占农牧业的 50%以上，传统的出口物资有山羊绒、牦牛绒等。主要牲畜品种有牦牛、绵羊、山羊、黄牛、犏牛、马、驴、骡等适应性强、遗传性稳定的高原品种。西藏有农业耕地 340 万亩，主要农产品有青稞、小麦、稻谷、玉米、蚕豆、豌豆等。西藏水资源丰富，太阳辐射强，昼夜温差大，对许多农作物的生长有利，容易形成大穗大粒，实现高产。西藏冬小麦亩产最高达 871 公斤。西藏森林面积 9480 万亩，森林蓄积量 14 亿立方米，仅次于我国东北、西南林区，名列全国第三位。林芝地区新建木材综合加工厂，生产胶合板、纤维板等，年加工原木 6 万立方米。渔业资源如纳木错盛产鳅鱼，皮薄肉嫩，蕴藏量约 30 万吨；羊卓雍错盛产高原裸鲤鱼，蕴藏量约 15 万吨。西藏动植物药用资源品种繁多，麝香、鹿茸、熊胆、虫草、贝母、天麻、雪莲花等药材，在国内外享有一定盛

誉。西藏工业目前有电力、冶金、煤炭、化学、建材、食品、毛纺、皮革等，传统手工业产品也得到进一步发展。

西藏高原发育着众多的中、新生界沉积盆地，以伦波拉—斑戈、羌塘、昂拉仁错、岗巴定日等盆地较为有利，勘探石油与天然气的目的层以侏罗系和白垩系为好，一些盆地的第三系也应给予重视。

西藏高原已发现的矿产还有 67 种，初步探明具有工业价值的矿藏有铀、硼砂、铜、锂、铬、铁、重晶石、石膏、瓷土、砷等 40 多种。其中铀、硼砂、锂的储量在世界占有重要的位置，铬铁矿和石膏的储量均列全国的前矛，铜的储量在我国占有重要位置。整个西藏的矿产资源正等待开发。如昌都县玉龙铜钼矿是一个已探明的大型铜钼矿，不但品位高，并伴生有金、银、铂、铼、钨、锌等多种金属元素；革吉硼砂矿储量 75 万吨，三氧化二硼平均含量达 13.1%，并伴生有锂等金属元素；墨竹工卡县唐家区大理石矿储量约 2000 万立方米，花色品种有十几种，且质量好，是很好的建筑装饰材料；当雄县乌马党石膏储量 2 亿吨，质量好，品位高，可作石膏大花板等新型建材；昌都俄洛桥附近的砷矿，已探明储量 34 万吨，矿石含砷量 26～42%，并伴生有硫、汞等元素。

此外，西藏的水能、地热能、太阳能、风能资源十分丰富。全区总的水能蕴藏量在 2 亿千瓦以上，占全国河流天然水能蕴藏量的 30%左右。地热蕴藏量居全国首位，现已显现出地热的地方有 600 多处，估计发电潜力在 50 万千瓦以上。著名的羊八井地热田，全年放出的热量相当于燃烧 47 万吨标准煤，热能发电潜力达 15 万千瓦；查布地热田发电潜力约 3 万千瓦；卡乌地热田计划修建 1 座装机容量 1.2 万千瓦的地热电站；那曲地热田计划修建 1 座装机容量 1.2 万千瓦的地热电站。西藏的太阳能，居世界第二位，大部分地区的年日照时数在 3100～3400 小时，每平方厘米地表所接受的太阳能辐射量近 2000 千卡；西藏阿里和那曲地区，冬春风力都在八级以上，风速多在每秒 3 米以上，对风能的研究开发潜力很大。目前，全区已经有 60 多个县建立了近千座小水电站，总装机容量达 4 万多千瓦，电力供应将逐步满足社会经济发展的需要。

第二节 勘探历程

一、建国以前的地质调查

西藏的地质调查研究，断续已有一个多世纪的历史，但在中华人民共和国成立之前，只是少数外国学者或探险家、旅行家作过一些路线考察，资料零星。至于石油与天然气的地质调查与勘探，限于历史条件，还没有进行。最早报道西藏有关地质方面资料的是 T.G.Montgomerie，他于 1871～1872 年自日喀则出发，经南木林县越念青唐古拉山到纳木错西岸进行过考察；1892 年，C.L.Griesbach，C.S.Middlemiss 和 C.Diener 在西藏西南部普兰县奇底宗首次发现奇底宗灰岩 No.1 并声称找到了喜马拉雅山最丰富的古生代化石；斯文赫定（Sven Hedin，1894，1899，1906～1908 曾三进西藏，调查过色林错、日喀则的地质概况；1899 年，T.L.Walker 也在奇底宗灰岩中采集了化石标本，次年 K.Krafft 在普兰县桑查玛拉一带又发现了另一石灰岩体，找到了丰富的化石；海登（H.Haydan）1903～1904 年由大吉岭到拉萨调查，在岗巴附近发现侏罗系，又于 1921 年经康巴到拉萨，并向西北经念青唐古拉的古令拉山口到唐拉错、江龙宗、纳木错；乌利格（Uhlig）1903～1910 年对喜马拉雅段斯匹提地区的侏罗系进行了详细研究；赫伦（A.M.Heron）及韦杰（L.R.Wager）

1921～1933年曾在康巴进行过地质调查，并对珠穆朗玛峰及其邻近地区做过调查；诺林(Evink，Norin) 1931～1935年调查过阿里地区；韦塞（C.Visser) 1922，1925，1935年在西藏南部、昆仑山及喀拉昆仑山作过粗略调查，发表过一些地质记录；印度人S.Pranavananda 1928～1937年，考察藏南三条外流河河源，并到玛旁雍错进行调查。还有洛采（L.V.Loczy，1893)、亨廷顿（E.Huntington，1906)、涂宁克尔（Emil Trinkler)、沃德（F.K.Ward，1926）等先后在19世纪，20世纪初以及20～30年代在西藏作过一些考察，提供了一些资料。

我国的地质学家在建国之前到过西藏高原考察的较少，徐近之于本世纪30年代考察过纳木错等地方，谭锡畴、李春昱（1929～1930)、罗文柏（1940)、林文英（1941)、曾鼎乾(1943～1944)、崔克信（1944)、李承三（1944）等，主要在西藏高原东部作过一些调查。

二、建国以来的地质调查

建国以后，在1951～1953年间，国家组织了西藏科学考察队，李璞等曾在珠穆朗玛峰北麓的曲布、扎布找到一批完好的化石，在伦波拉—班戈盆地发现了第三系构造和油苗，对含油前景进行了预测。俟后，地质部西藏地质局第四普查大队亦在伦波拉—班戈盆地发现几处油砂。1964、1966～1968、1973～1976年，中国科学院青藏高原科学考察队、综合考察队分别对西藏全境地层进行了考察。本世纪50～60年代，地质部在川西、藏东、藏南等地开展了石油普查和区域地质矿产的调查。

西藏高原大规模的地质研究工作是从60年代开始的。1960～1961年、1963年和1966～1968年中国科学院三次组织综合考察队，对西藏珠穆朗玛峰、希夏邦马峰及其附近地区进行了地层古生物、岩石、构造等多种学科的地质考察；西藏、青海等地质局开展了中、小比例尺的地质调查和矿产普查，会同有关科研单位完成了西藏部分地区及周边地区百万分之一的地质矿产图件（拉萨幅、温泉幅、玉树幅、昌都幅）和一些二十万分之一地质矿产调查工作。地质部航空物探大队自1969年开始在东经88°～94°、北纬29°～33°范围内进行二十万分之一的航磁测量工作。70年代，除各有关省、自治区地质局继续进行更大范围开展中比例尺地质调查和勘探工作之外，还进行了拉萨幅、日喀则幅及西昆仑等地百万分之一的地质填图工作。中国科学院于1973～1976年再次组织了考查队，在藏南、藏北进行了更广泛的地质、地球物理调查工作，出版了系列著作。1980年开始，我国各有关部门再次去西藏高原开展了第二轮青藏高原地质和地球物理的调查工作。中国科学院、地质矿产部同法国科研中心进行了"喜马拉雅岩石圈构造演化的合作研究；地质矿产部高原调查研究队对西藏高原及周边地区开展了进一步调查研究，于1980年出版了1：1500000青藏高原地质图和"青藏高原地质文集"及"地层简表"。在王鸿祯指导下，中国地质科学研究院和武汉地质学院合作编辑出版了《中国古地理图集》，其中对青藏地区的各地质历史时期古地理演化进行了全面的描述。中、法喜马拉雅地质构造与地壳上地幔形成合作研究是一次大规模多学科的地质调查研究工作，对青藏高原的构造特征和隆起机理进行了系统的阐述，在此基础上编撰成为一套专著出版。为了深入进行石油与天然气及地热资源的地质调查研究，石油工业部青海石油局于1958年曾到可可西里、库木库里等盆地及藏北高原进行了路线地质调查；1984年青海石油管理局曾在西藏羊八井地区成功完成4口地热资源井的钻井工作。同时，石油工业部西藏石油地质考察队于1981～1982年对西藏进行了石油地质路线普查，利用卫星图片进行了计算机处理解释，对西藏地区的断裂、构造带的划分和沉积盆地的圈定提出了新的认识，并进行了油气资源的初步评价。同时，对伦波拉盆地及附近地区结合卫星照片资

料进行了石油与天然气的综合分析。

西藏高原分布着 20 几个中、新生代沉积盆地，具有较好的石油与天然气远景，油气资源也比较丰富，但是目前的勘探程度还相当低，仅限于石油勘探工作的前期准备工作，尚有待进一步的整体规划和综合勘探，争取在西藏地区建立新的石油工业基地，为国家和西藏人民做出应有的贡献!

第二章 地 层●

青藏地区从古生界到新生界发育良好，类型多样，是我国区域地层中非常重要的一个组成部分。尤其是特提斯型侏罗系及其以上地层，除与西藏相邻的新疆西南部、青海南部和云南西部有少量出露以外，只见于西藏地区，我国其它地区完全没有发育。所以，研究青藏地层对于石油与天然气的勘探与开发和探讨青藏高原隆起的原因及其对西藏地区中、新生界沉积盆地的形成、分布规律及油气聚集的影响都具有一定意义。

第一节 区域地层综述

青藏地区的地层，按地层发育情况包括基底变质岩地层和沉积岩盖层的发育状况;沉积建造组合类型，如相对稳定型（即"地台型"）或相对活动型（即"地槽型"）沉积，海相或陆相沉积等；地层中所含生物群面貌、生物区系等方面的综合研究，可划分为4个区和11个分区（图2-2-1、表2-2-1）。各区地层都具有区别于其它区地层的明显特征，各区内不同分区之间的地层发育也有差异。

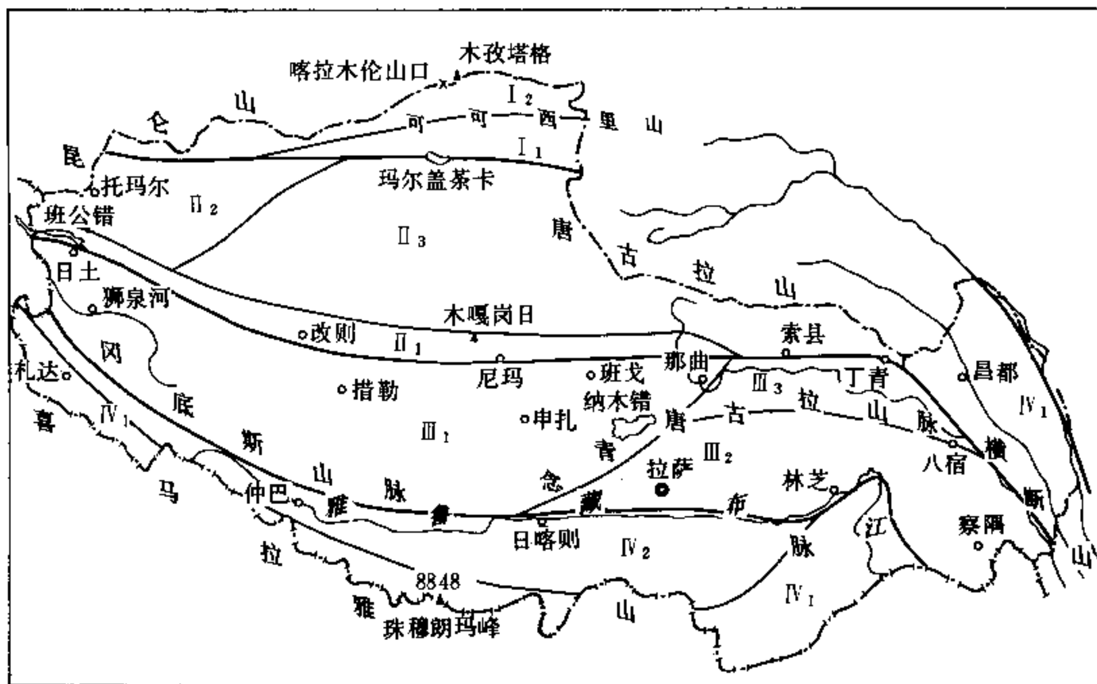


图2-2-1 西藏地层分区图（各区和分区的名称见表2-2-1）
（据中国科学院青藏高原综合科学考察队《西藏地层》，1983）

●本章内容主要参考了中国科学院青藏高原综合科学考察队《西藏地层》等专著。

表 2-2-1　西藏地层分区简表

区	分　　区
可可西里—昆仑区（Ⅰ）	可可西里分区　Ⅰ$_1$
	昆仑分区　Ⅱ$_2$
唐古拉—三江地区（Ⅱ）	木嘎岗日分区　Ⅱ$_1$
	喀拉昆仑分区　Ⅱ$_2$
	唐古拉分区　Ⅱ$_3$
	昌都分区　Ⅱ$_4$
冈底斯—念青唐古拉区（Ⅲ）	狮泉河—申扎分区　Ⅲ$_1$
	拉萨—波密分区　Ⅲ$_2$
	比如分区　Ⅲ$_3$
喜马拉雅区（Ⅳ）	特提斯喜马拉雅南部分区　Ⅳ$_1$
	特提斯喜马拉雅北部分区　Ⅳ$_2$

一、可可西里—昆仑区（Ⅰ）

本区位于西藏最北部，为一与新疆接界的、近东西向延长的狭长条带，按地层发育，可分为两个分区：

*1.*可可西里分区（Ⅰ$_1$）

分区出露有下二叠统和上三叠统及一些第三纪红层。下二叠统分布于江尼茶卡至萨玛绥加山一带，以宁共曲久隆剖面出露最好，岩性为灰色浅变质灰岩夹钙质页岩及灰绿色砂页岩和灰绿色石英砂岩，石灰岩中产蜓类 *Sumatrina* sp.，与我国南方茅口灰岩相当，时代为早二叠世晚期。上三叠统出露于萨玛尔绥加山至玉尔巴扎钦山一带，为浅变质的复理石沉积，岩性为深灰色薄片状细砂岩、砂质页岩、灰绿色页岩夹少量黑色碳质页岩和石灰岩，化石有瓣鳃类 *Cassianella cf.*， *Amonotis* sp.属于晚三叠世早期。分区内的第三系均以不整合覆于二叠或三叠纪浅变质岩之上，为干旱型盆地红色沉积，见于涌波湖东岸和萨马绥加山以南。岩性主要为砖红色、土红色细砂岩，块状，有深色或浅色条带，胶结不紧，质地松软，夹有薄层状钙质砂岩、粉砂质泥岩和多层厚度不等的石膏层（一般在 10 厘米以下）。岩石胶结都比较疏松，岩层正常产状都比较平缓。

*2.*昆仑分区（Ⅰ$_2$）

本分区为昆仑山脉主脊以南的狭长带状区，出露地层包括下石炭统、下二叠统和第三系红层，以缺乏二叠系复理石沉积区别于可可西里分区。下石炭统见于分区西部，在玉龙喀什河上游与郭则错之间广泛出露，岩性为灰色、灰褐色钙质砂岩、浅黄色石英砂岩、灰绿色凝灰岩夹灰白色浅变质粉砂质泥岩、泥质砂岩、深灰黑色页岩及石灰岩透镜体。含腕足类 *Striatifera* sp.，*Gigantoproductus* sp.，珊瑚 *Auloclisia* sp.等，为早石炭世晚期，层位与昌都分区和唐古拉分区的马查拉组相当。喀拉木伦山口出露下二叠统浅变质岩，以砂岩为主，多灰色、灰紫色中细粒砂岩，有少量黄色粗砂岩、灰色细角砾岩及紫色、灰绿色灰岩、页岩

等。化石有䗴：*Schwagerina Shuanghuensis* 和瓣鳃类 *Acanthopecten* sp.等。时代应为早二叠世晚期，与可可西里分区的宁共曲久隆组相当。第三系为盆地型沉积，厚度为几十米至几百米，出露于河谷低地，不整合于二叠系变质岩之上，岩性为砖红色钙质细砂岩和泥岩，砂质胶结很紧密，比较坚硬，但在沟底潮湿处则比较松软。

在祁漫塔格山以南，阿尔金断裂以东，为一大型的第三系沉积盆地，即库木库里盆地。本区的基底为前震旦系及震旦系。其上为奥陶–志留系不整合覆盖，厚 1910 米，岩性为绿泥岩、片岩、石英片岩夹千枚岩，底部有火山岩层。其上为志留–泥盆系，厚约 200 米为灰白色硅质灰岩夹云母片岩，与上覆石炭–二叠系不整合接触。石炭–二叠系厚 600 米，为块状灰岩，含丰富的化石层，与上覆侏罗系呈不整合接触。侏罗系出露 100 余米，为砂岩和碳质岩，含化石 *Podozamites*，与上覆第三系呈不整合关系。

第三系厚 5000 余米，下部为砾岩、砂岩，中上部为砂岩夹泥岩，及灰黑、灰绿色页岩，含植物化石。上部为灰绿色砂岩，细砾岩夹砂泥岩，与第四系为不整合接触。

二．唐古拉—三江地区（Ⅱ）

唐古拉—三江地区的基底为下古生界。向西阿木岗至马依岗日一带断裂升起的变质岩时代亦为早古生代或更老，可能代表本区的基底。含化石的早古生代地层在昌都分区（$Ⅱ_4$）发育较好，此外只有喀拉昆仑分区（$Ⅱ_2$）有少量志留系。上古生界除木嘎岗日分区（$Ⅱ_1$）外普遍发育，为特提斯型，昌都分区与唐古拉分区有发育良好并含华夏植物群的上二叠统，中生界发育较好，白垩系仅在喀拉昆仑分区夹有海相地层。新生界全为陆相沉积。木嘎岗日分区地层发育情况与比如分区的相似，为一以中侏罗统复理石为主的条带。这两个分区通过那曲一带可能是互相连通的，为一开始于三叠纪、以侏罗纪为主的、相对活动类型的沉积带，而把辽阔的藏北分割成两个相对稳定环境的沉积区，即冈底斯—念青唐古拉区和唐古拉—三江地区。

1.木嘎岗日分区（$Ⅱ_1$）

本分区内侏罗系比较发育，以具有确切化石证据的下侏罗统和上侏罗统，尤其以具有复理石沉积的中侏罗统为特征；此外，还有第三纪沉积。下侏罗统有两处出露，被命名为格那隆巴群。岩性为黑色砂岩、页岩、碳质页岩，风化后为灰白色，可见厚度超过 100 米。所含化石甚少，曾找到植物化石 *Cladophlebis* sp.；菊石 *Baucaulticeras* cf. *baucaultianum*（*d'Orbiigny*）和 *Angulaticeras* cf. *lacunatum*（*Buckman*）。在伦坡拉盆地北缘，岩性为黑色页岩，含植物化石及菊石 *Baucaulticeras* sp.格那隆巴和伦坡拉盆地北缘相距仅一、二十公里，两地的下侏罗统可能是相连的同一套地层。中侏罗统几乎分布于全分区，为一套浅变质的夹结晶灰岩的复理石沉积，已命名为木嘎岗日群。岩性为暗绿色变质细砂岩与变质粉砂质泥岩互层（厚 1000 米以上）和深灰色、灰黑色泥质板岩夹硅质灰岩，泥板岩中夹板状粉砂岩和粉砂质泥板岩（厚 1200 米以上）。上侏罗统出露面积很窄，名为东巧组，岩性为粉砂岩夹碳质页岩，上部为石灰岩，均不整合盖于超基性岩之上。岩石产状近水平，厚仅百余米。第三系沿本分区与冈底斯—念青唐古拉区分界的深断裂带上，有一些新生代盆地。分区内的第三系在木嘎岗日南麓及东部发育较好，岩性为棕红色砂岩、砂砾岩与砂质泥岩互层和灰黄色、浅灰色砂砾岩与泥岩、泥页岩互层。

2.喀拉昆仑分区（$Ⅱ_2$）

本分区范围内出露的地层发现化石的有下古生界志留系及古生界泥盆系、石炭系、二叠系和中生界侏罗系等地层。志留系是目前本分区发现的最老的一个地层单位，见于拉竹龙南

山，岩性为肉红色、黄灰色长石石英砂岩，产腕足类 *Hindella xizangensis* Rong，上覆灰白色中厚层状石英砂岩，出露厚度 30 米以上。泥盆系出露在邦达错之南，大致呈东西向带状分布。拉竹龙南山剖面岩性以灰白色中厚层状石英砂岩和灰黑色硅化灰岩夹大理岩为主，上部为灰白色块状灰岩，产珊瑚化石 *Barrandeophyllum* sp.邦达错（雅西尔湖）东南的泥盆系剖面岩性为中厚层浅灰色硅质灰岩，上部为灰黑色生物灰岩，化石丰富，有珊瑚 *Peneckiella xizangensis*，Liao 和层孔虫 *Actinodictyon rutogense* Dong。本分区有化石证据的石炭系为下石炭统和上石炭统。下石炭统见于日土县邦达错之西拉竹龙南山西北处，岩性为紫红色砂、砾岩，下部以砂岩为主，夹有多层砾岩及少量薄层灰岩；上石炭统出露在日土县龙木错东南温泉沟，岩性为中厚层状灰色灰岩和薄层灰黑色泥质灰岩，化石丰富，有苔藓虫 *Meekopora rutogensis* Yong 等。二叠系分布于日土县多玛区吞龙共巴西沟，岩性为厚层灰色灰岩和中厚层状灰黑色灰岩夹灰黄色、棕色砂岩，出露厚度大于 300 米，化石有腕足类 *Composita* sp.蜓 *Schwagerina hapehensis* Chen，和苔藓虫 *Rhomboporella quotidiana* (*Trizna*)。本区未见到三叠系。本分区有化石证据的侏罗系主要见于北部，在新藏公路的界山大坂至松木希错地段，出露宽约 15 公里，岩性为灰黑色灰岩，略含泥质，露头断续出现，地层褶皱、断裂发育，化石有层孔虫 *Astrohizopora* sp.；瓣鳃类 *Ceratomya* sp.；珊瑚 *Thecosmilia tibetensis* Liao 和腕足类 *Monticlarella* cf.等。本分区白垩系分布于南北两侧，南侧白垩系见于多玛西北约 7 公里处，岩性为泥质生物碎屑灰岩及蛹状灰岩，由于泥质分布不均匀，表面多呈瘤状，上部为砂岩，夹有石灰岩及硅质岩透镜体，在钙质砂岩及泥质灰岩中产化石瓣鳃类 *Pteria* sp.和海娥螺 *Nesinea* sp.。第三系在本分区零星分布，为一套厚度变化较大的砾岩层，砾石主要是石英砂岩、复矿物砂岩及石灰岩等，砾岩层不整合于白垩系之上，未见化石。

3.唐古拉分区（II_3）

分区内出露最老的地层可能属于早古生代的变质岩，无化石证据。含化石的泥盆系至侏罗系为稳定型海相沉积。白垩系和第三系为陆相盆地型沉积。分区内可能属于早古生代的地层出露于阿木岗和西雅尔岗等地。岩性主要为白色石英片岩、深灰色云母片岩、灰色及白色大理岩、结晶灰岩等。泥盆系分布于西雅尔岗东南鄂雅错附近，呈条带状分布，命名为夏姑尔错岩系和碱湖岩系。岩性为深灰色灰岩，含黄铁矿晶体；黑色页岩，产腕足类 *Hypothyridina Lunglungpeensis*（Kayser）；灰黑色页岩夹细砂岩和石英砂岩，有石灰岩夹层，浅灰色灰岩，有硅化现象，产腕足类 *Cyrtospirifer* sp.。石炭系的分布很零星，见于南部边缘木嘎岗日西部的影拉、门斗山及伦坡拉盆地之北罗尔错一带，岩性为灰色灰岩夹灰黑色页岩和石英砂岩，石灰岩中产珊瑚 *Cystophrentis* sp.灰黑色砂质页岩夹灰岩和石英砂岩，石英砂岩有波痕，上部为灰色灰岩，可相变为页岩夹砂岩。东部的下石炭统见于丁青、索县之东北一隅，与青海省扎多囊谦一带的石炭系相连。下二叠统和上二叠统分布面积较窄。下二叠统以木嘎岗日西北的甘尔宝出露较好，岩性为浅灰黑色中厚层状灰岩，石灰岩中含燧石结核，产腕足类 *Stenassima superstes*（Vern）；上二叠统见于双湖办事处至热觉茶卡一带，岩性为深灰色粉砂质页岩，褐色灰岩与灰色页岩互层，深灰色中厚层灰岩产化石蜓类：*Palaeofusulina nana* Likharev；腕足类 *Squamularia Waageni*（Loczy）上部为灰白色粗砂岩，含煤线、质地疏松。三叠系分布面积不大，但下统、中统、上统均有出露。中、下三叠统见于双湖办事处附近，名康鲁组、硬水泉组和康南组，岩性为灰色薄层状灰岩夹少量页岩，产瓣鳃类 *Leptochondria* cf.，灰黑色薄层灰岩，质地硬脆，含腕足类 *Mentzelia*

cf.*Lepismatina* cf.。上三叠统为结扎群和土门格拉组，岩性为灰白色厚层微晶灰岩，局部夹砂岩，产瓣鳃类 *Eumorphotis* sp.腕足类 *Spirifcrina* sp.头足类 *Arcestes* sp.。侏罗系主要出露中上侏罗统，命名为雁石坪群，分布广且厚度变化大。色哇组在班戈县北部色哇附近出露，岩性为灰黑色、深灰色页岩夹泥灰岩，产菊石 *Calliphylloceras* sp.，*Zetoceras* sp.，*Oppelia* sp.西部雁石坪群为沙巧木、萨根索萨、那底岗日和错尼剖面，东部为易涌、索县和阿弄剖面。岩性为灰绿色砂岩夹页岩及石灰岩，产瓣鳃类 *Pholadomya* sp.*Tancredia* sp.深灰色礁状生物碎屑灰岩产珊瑚 *Thamnasteria* cf.，深灰色灰岩，产水螅 *Aclinostroma* cf.紫色灰岩,含海百合茎 *Isocrinus* sp.，灰黑色块状灰岩，含瓣鳃类 *Entolium* sp.，近顶部产植物 *Equisctites* sp.等。该套地层的基本特征是雁石坪群的厚度向西明显减小，岩相也有变化，主要为浅海相沉积，并有少量陆相夹层，陆相夹层中有植物碎片及植物化石。但在广大范围内雁石坪群所含生物群的基本特征大体是一致的。分区东部丁青县北机末剖面出现一套白云质灰岩、石灰岩及板岩地层，岩性与雁石坪群有差别，含晚侏罗世珊瑚 *Isostrea goldfussi* (koby)，此套地层命名为布托组。分区内未发现海相白垩系，陆相白垩系分布零星，为河湖相暗紫色粗碎屑沉积，岩性为砾岩、砂砾岩、砂岩与泥质砂岩互层，夹砂质泥岩，含化石为以 *Trigonioides*，*Plicatounio* 和 *Nippononaia* 为代表，被称为 TPN 瓣鳃类动物群的早白垩世淡水种类。分区第三系主要为山间盆地型沉积，东部多沉积于断陷盆地，延伸远，厚度大；西部分布零星，厚度较小。东部的第三系在丁青、巴青、安多一带发育较好，丁青盆地的第三系称为丁青层（李璞等，1954)，岩性为灰绿色、灰白色粘土岩、页岩、泥灰岩夹少量砂岩和泥灰岩条带，偶夹砾岩和凝灰岩，砾岩中夹油页岩和煤线，产瓣鳃类 *Unio* sp.及少量口盖化石 *Spiro-Concentric type*；上第三系以扎加藏布上游坳陷出露较好，不整合于下第三系之上，产介形类 *Cyprinotus* cf.等；西部的第三系以昂达尔错东南、杂各那山、蒂让碧错东、那底岗日南麓、加若山东、马尔果茶卡东南等处发育较好，岩性为紫红色砂岩、砂质泥岩。由于这些红层的颜色较淡、较鲜，胶结疏松，分布于现代盆地边缘，岩层变动不大（倾角在30°以下)，无疑是区别于白垩纪暗色红层的第三纪红层。

*4.*昌都分区

昌都分区出露的基底为早古生代地层，早奥陶世地层出露不全，分布零星，仅见于江达青泥铜和芒康海通一带。岩性为黑色、灰绿色、紫红色板岩、石英砂岩、长石石英砂岩互层，产笔石 *Dichograptus*，*Isograptus*，*Tetragraptus* 和 *phyllograptus*；芒康海通下奥陶统岩性为紫红色页岩、灰黄色板岩、石英砂岩互层，灰色豹皮状泥灰岩产化石腕足类 *Orthis* cf.，复足类 *Doneldiella* sp.。分区内泥盆系主要分布在昌都妥坝、江达青泥铜北侧、贡觉西南面以及芒康海通一交嘎一带，多呈条带状作北西向或近南北向延伸，分布零星，只见中、上统，下统可能缺失。海通组出露标准地点在芒康海通，为一套深灰或紫红色碎屑岩夹碳酸盐岩，下部为深灰色碳质板岩夹砂岩、生物泥质灰岩，底部有扁豆状含砾砂岩，泥灰岩内产腕足化石 *Athyrisina* cf.。上部为白云岩产珊瑚 *Pachyfavosites* sp.，*Spongophyllum* sp.，上泥盆统卓戈洞组标准剖面位于芒康小邦达区卓戈洞，为一套灰色灰岩、泥灰岩与白云岩的沉积，岩性为灰色泥灰岩与石灰岩互层。顶部为白云岩，产腕足类 *Cyrtospirifer sinensis*，*Hypothyridina*，*H.hunanensis*，珊瑚 *Neostringophyllum* cf.。中、上泥盆统主要为稳定浅海的碳酸盐相沉积，富含生物化石，地层层序和生物组合特征完全可与华南地区对比。分区内石炭系主要分布在类乌齐马查拉、昌都妥坝、江达青泥铜、贡觉、芒康海通—小邦达和加卡、左贡等地，出露比较零星，多呈狭窄条带状分布，除下统在局部地区出现含煤岩系外，

主要为一套浅海碳酸盐相的沉积，化石十分丰富。下石炭统乌青纳组为一套碳酸盐岩，夹有泥灰岩并含燧石条带，产珊瑚 *Bifossularia* sp.，*Cystophrentis* cf.，腕足类 *Paulonia* sp.，腹足类 *Naticopsis* sp.，马查拉组标准剖面出露于类乌齐马查拉，下部为含煤碎屑岩，上部以石灰岩为主，含蜓动物群可称 *Eostaffella* 带，应为早石炭世晚期。中石炭统骜曲群标准剖面在芒康交嗄乡骜曲附近，岩性以灰至深灰色中厚层状灰岩为主，含菱铁矿和燧石结核和条带，所含蜓类动物群可分为两个带：下部称 *Profusulinella* 带，上部称 *Fusulinella–Fusulina* 带。在层位上，骜曲群可以和我国北方的本溪群、华南的黄龙组或威宁组对比。上石炭统里查群标准剖面出露于类乌齐马查拉里查牛场，上与上三叠统波里拉组呈断层接触，下与骜曲群呈假整合接触，岩性为灰黑、灰褐色厚层块状灰岩、白云质灰岩，局部有燧石结核，含化蜓类动物群分为上下两个化石：上带称 *Pseudoschwagerina* 带，相当于我国南方马平组或船山组的上部；下部称 *Triticites* 带，大致相当于马平组或船山组的下部。下二叠统莽错组标准剖面位于芒康小邦达区莽错湖西侧，岩性为浅灰、灰白色中厚层状灰岩，夹凝灰岩，上与交嗄组呈整合接触，下与上石炭统里查群呈假整合接触。化石有蜓*Parafusulina* sp.，珊瑚 *Lophophyllidium* sp.地层时代为早二叠世早期，可与华南地区的栖霞组对比。上二叠统妥坝组为一套含煤碎屑岩夹碳酸盐岩，主要有黑色碳质、砂质页岩夹泥质砂岩、砂质页岩、石英砂岩、泥质灰岩及煤线，植物化石有 *Calamites* sp. *Gigantopteris* sp.，珊瑚 *Tachylasma* sp. *Bradyphyllum* sp.从妥坝组所含的大羽羊齿植物群和珊瑚化石分析，其时代为晚二叠世早期，可与我国南方的乐平煤系、宣威煤系、“大羽羊齿植物煤系”即龙潭组（广义的）相当。三叠纪地层在分区内分布广泛，中、下三叠统仅限于江达、贡觉及芒康宗西一带，上三叠统直接超覆于古生界之上。下三叠统主要出露在江达普水桥、同普、色容寺、昂巴及卡贡等地，岩性为灰绿色泥质粉砂岩夹砂质灰岩及火山岩，与下伏海西期花岗岩和古生界呈不整合接触，产菊石：*Paranannites* sp.；中三叠统见于芒康宗西和贡觉仁达一带，瓦拉寺组标准剖面在江达县同普以东的瓦拉寺，岩性为灰黑色板岩夹条带状粉砂岩、砾岩、安山岩，产菊石 *Cuccoceras* sp.，与我国南方广西、贵州、云南等地中三叠统层位相当。上三叠统在分区内分布广泛，沉积厚度最大达 7000 米，以碎屑岩为主，并有火山岩和碳酸盐岩，含煤、石膏、盐岩及含铜砂岩等沉积矿产，化石有瓣鳃类 *Entolium* cf.腹足类 *Coelostylina* sp.等，上三叠统一般无明显的区域变质现象。分区内侏罗—白垩系主要分布于类乌齐、昌都、察雅、芒康以及江达瓦许等地，为一套红色碎屑岩，连续沉积在上三叠统巴贡组之上。下—中侏罗统察雅群，岩性为紫红色粉砂岩夹暗紫色细粒石英砂岩和灰绿色粉砂质页岩及生物碎屑灰岩、泥灰岩，在昌都县城东面的达马拉山西坡产恐龙化石 *Tibetodus gyrodoides*；上侏罗统—下白垩统香堆群，标准剖面位于察雅县香堆，岩性为紫红色钙质粉砂岩、薄层细砂岩及长石石英砂岩，采得植物化石 *Cupressinocladus* sp.。晚三叠世中期以后至早—中侏罗世，区内的海水逐渐向西退去，随着海域范围的缩小，陆地面积不断扩大，气候发生了明显的变化，由温湿变为干燥炎热，反映在沉积物上多为红色碎屑岩。到了晚侏罗世至早白垩世，海水仅限于怒江流域及其以西地区，分区内的广大地区都成为陆地，只有一些内陆盆地的红色沉积。分区内第三系受断陷盆地或山间盆地控制，大都沿断裂两侧作狭长条带状分布，出露零星，全为陆相沉积，均与下伏地层呈不整合接触。下第三系贡觉群主要分布在金沙江以西的贡沉一青泥铜一徐中一带，岩性为砖红色砂砾岩夹泥岩、泥灰岩，含盐岩、石膏。所含孢粉以被子植物花粉为主。裸子植物有松柏科、柏科，属于早第三纪。上第三系分布于类乌齐甲桑卡孟城一带，命名孟城组，为灰白、浅黄色钙质砂岩、粉砂岩夹粘土岩，含薄煤层，产植

物化石：*Alnus*，*Salis*，*Ulmus*，*Celtis*，属于上第三系。

三、冈底斯—念青唐古拉区（Ⅲ）

冈底斯—念青唐古拉区的变质岩基底出露很少，时代可能为前寒武纪。下古生界出露很少，过去仅见于东部，近年来也在西部陆续发现。上古生界为含䗴和群体珊瑚等我国华南生物群的相对稳定沉积，除比如分区外广泛发育，但除个别地区以外普遍缺失上二叠统；在拉萨之北可以看到含华南类型生物群的早二叠世晚期地层盖于含南大陆边缘海类型生物群的早二叠世早期地层之上。中生界在全区都有分布，狮泉河—申扎分区（$Ⅲ_1$）至今只在近北部边缘的一个地方有三叠系的报道；拉萨—波密分区（$Ⅲ_2$）中生界各系都有沉积，但分布较窄；比如分区（$Ⅲ_3$）主要地层为以侏罗系白垩系为主、包括部分三叠系的相对活动类型的复理石沉积。上白垩统以上几乎全为陆相沉积，只是近南部边缘局部地方有少量海相古新统。

根据地层分布的情况，（$Ⅲ_1$）分区大致可以分为三个条带：北带以海相下白垩统为主；中带出露了一些古生代地层和南带为大片花岗岩和火山岩。在东部的念青唐古拉山则出露了一条变质岩系。此外，在东北部靠近班公错—怒江深大断裂带附近，还有一些早古生代地层的零星露头。在（$Ⅲ_1$）分区第三系主要出露于一些断陷盆地（如黑阿公路沿线），多属陆相湖盆相沉积，在狮泉河附近则为残存的山间湖盆沉积。班戈县伦坡拉含油气盆地即是典型代表。（$Ⅲ_2$）分区初步划出石炭纪、二叠纪、白垩纪等地层单位，并发现了中三叠统含菊石地层。1974～1975年中国科学院青藏高原综合科学考察队在林周旁多乌鲁龙附近发现上石炭统至下二叠统的连续剖面，为解决早二叠世暖水型和冷水型动物群的关系提供了线索。同时在拉萨北又发现了含海相古新世的有孔虫和藻石灰岩。拉萨地区至今仅知最老地层可能是下石炭统，古新世海水也一度侵入拉萨附近。波密—察隅地区松宗—古玉背斜带出露地层有奥陶系、泥盆系及其以上地层，均受到不同程度浅变质作用的影响，其北东和南西翼分别被酸性、中酸性岩浆岩侵入。到目前为止（$Ⅲ_3$）分区，尚未找到有化石证据的石炭系至二叠系，中生界尤其是侏罗系至白垩系比较发育。

四、喜马拉雅区（Ⅳ）

喜马拉雅区变质岩基底为构成高喜马拉雅的基本物质。从喜马拉雅中段来看，变质岩基底为相对活动类型的"冒地槽"型碎屑沉积变质而成，厚达20000米，时代可能为前奥陶纪、前寒武纪或前震旦纪。早古生代地层和生物群与我国华北、华南的类似。中晚石炭世和早二叠世有南大陆型冰水沉积，含舌羊齿等南大陆植物群的陆相沉积夹层和含厚壳大个体腕足类及单体珊瑚的南大陆边缘海沉积。基本上缺失上二叠统，大致从三叠纪开始北部分区（$Ⅳ_2$）和南部分区（$Ⅳ_1$）明显分异。前者具地壳强烈动荡且复杂分化的多样化沉积类型；后者和古生界一样继续为相对稳定型沉积。海相沉积持续到始新世中晚期，是整个西藏海相沉积延续时间最晚的地区。

喜马拉雅山区的地层走向与山体走向大体近于平行。西段基本上均呈北西—南东向；中段大致呈西—东向；东段地层走向近于南西西—北东东向与山系走向南西—北东向呈一小角度的斜交。表明喜马拉雅地区地层发育具有较好的东西向（纬向）的条带性。但是在经向上垂直这些条带，地层发育差异明显。根据地层发育的状况、面貌、特殊的岩石组合以及岩石变质程度划分为5个沉积带，现由北向南简介如下：

1.特提斯喜马拉雅北部优地槽型沉积带

分布于藏南低分水岭之北至雅鲁藏布江—噶尔藏布，包括外喜马拉雅—冈底斯山南坡的

一部分，即冈底斯花岗岩弧南界。主要出露的是厚度大、岩性复杂的中生代地层，轻度变质，具有复理石及类复理石沉积、火山岩、放射虫硅质岩及“混杂岩”，呈现了优地槽型沉积特点。在北缘外喜马拉雅往往分布一些第三系磨拉石沉积，自西向东至山南喜马拉雅泽当附近罗布莎一带都能见到。古生界不甚清楚，仅在个别地点见有奥陶系，志留—泥盆系，和石炭—二叠系的零星分布。

2.特提斯喜马拉雅南部冒地槽型沉积带

主要分布于藏南低分水岭以南的特提斯喜马拉雅南部和高喜马拉雅北部的部分地区。自寒武系至始新统发育良好，也具冈瓦纳相沉积，厚约万米，含化石丰富。部分地区寒武系遭受区域变质而不清楚，下第三系分布不广。本带在我国境内有较广的分布，见于喜马拉雅中段，和西段部分地区。

3.结晶岩带

本带系指 AnZ 和 AnO 的变质岩系。主要分布于高喜马拉雅大部和低喜马拉雅北部，在我国境内有较广的出露。据珠穆朗玛峰地区调查结果（1966～1968），主要是一套厚达两万余米连续沉积的沉积变质岩系。这些矿物结晶带主要是寒武纪前后的一期变质作用所致，但缘泥石带是喜马拉雅期退化变质作用所致。这一情况反映了当时快速沉积的环境。本带分布较宽，情况较复杂。

4.低喜马拉雅地台型沉积带

本带主要是在浅水环境下的一套沉积，代表喜马拉雅地区相对稳定的条件。相当于震旦纪开始，其上主要是一套冈瓦纳相的沉积直至白垩系，化石稀少，其情况甚似印度地块的北缘沉积。本带主要分布在低喜马拉雅，与“带 3”以主要推覆断层为界，在我国境内出露较少，仅见于东段，目前仅见及冈瓦纳相的石炭—二叠系。

5.第三纪沉积带

主要分布于亚喜马拉雅，是一套由下往上由细变粗的、典型的磨拉石沉积，最大厚度可达 4000 米，时代为晚中新世至更新世。一般西段发育较全，向东变薄，发育也不全，通常缺少上部。

中国科学院贵阳地球化学研究所同位素年龄实验室（1974）曾获得了 12 个单矿物 K—Ar 法数据，6 个 Rb—Sr 法数据和 5 个 U—Pb 法数据。根据上述数据，认为珠穆朗玛峰地区的“前寒武系”至少经历过两期变质作用：一是前寒武纪晚期，变质年龄为 640～660 百万年；另一期是喜马拉雅（10～20 百万年）。组成基底的“老变质岩系”主要是前一期的变质作用。并联系到出露于各地段的最早正常沉积岩层的时代，可以认为这一期的变质作用，自西向东在时间上是稍有推移的，大体至加里东期早期为止。如果从南北方向上来看，联系到喜马拉雅南部大约在距今 700～800 百万年有一次变质作用（它大致相当于本区北部的距今 640～660 百万年的一次变质作用），那里的最早正常沉积岩层的时代为震旦纪，可以认为这一期的变质作用由南向北在时间上也是稍有推移的。总的来说，这一期的变质作用的时间大体自前震旦纪晚期，或震旦纪早期至加里东早期止，那么正常沉积岩的时代也随地而稍异。

第二节　各系地层分述

一、前寒武系

西藏境内喜马拉雅的前寒武系，从西向东分别见于阿里地区、日喀则地区以及门隅、珞

渝和南迦巴瓦峰地区，前寒武纪变质结晶岩系为高喜马拉雅构造带或中央结晶带的主要地层组成，其分布大致和高喜马拉雅的延伸相一致。多数地方是以变质程度的明显差异并以冲断层分隔的位置作为震旦系和前震旦系的分界。

1.日喀则地区

前震旦系出露于日喀则地区的南侧，其大部分延伸入尼泊尔、锡金。东起亚东，西至吉隆，分布面积达一万余平方公里，出露宽度可达40～50公里。这一套厚度近两万余米的较深变质岩系内，多断层，并将整个岩系分隔成若干构造层，为一套沉积变质岩系。

定日县绒布寺地区出露的较深变质岩系——"珠穆朗玛杂岩系"，推测时代为元古代和太古代。聂拉木、吉隆和亚东一带的较深变质岩系——"珠穆朗玛群"推测时代为前寒武纪。"珠穆朗玛杂岩系"、"珠穆朗玛群"等名称后被更名为聂拉木群。聂拉木群标准地点在聂拉木县的江林向南直至国境。从北而南由上而下的构造层序如下：

(主北冲断层)

聂拉木群（AnZ）

康山桥组（约9000米）

7）眼球状混合岩为主，夹矽线石片麻岩、黑云母片岩、石英岩；上部夹3层透辉石大理岩。

6）眼球及条带状混合岩（分布于聂拉木县城南至曲香）。

(曲香冲断层)

丁仁布桥组（约11500米）

5）矽线石片麻岩、铁铝榴石黑云母片岩及石英片岩。

4）十字石、蓝晶石、矽线石片麻岩夹石英片岩。

3）矽线石片麻岩，夹铁铝榴石、黑云母片岩、大理岩和石英岩；上部还夹浅色花岗片麻岩。

2）蓝晶石片岩，夹石榴子石、黑云母片岩和石英岩。

1）蓝晶石、矽线石片麻岩。

(比丘冲断层)

比丘冲断层相当主中央冲断层。在主北冲断层和主中央冲断层间出露的聂拉木群代表了高喜马拉雅中央结晶带较完整的层序，其变质程度达到铁铝榴石片岩相，原岩主要为长石砂岩、粘土岩及砂质岩，夹钙质岩。

2.门隅、珞渝及南迦巴瓦峰地区

门隅、珞渝及南迦巴瓦峰地区或喜马拉雅东段我国境内，较深变质岩系大面积出露。多雄拉及墨脱县汗密以西出露的变质岩系，叫做南迦巴瓦群，岩性为黑云母片麻岩、云闪片麻岩、大理岩、角闪岩及条带混合岩，在加拉莎至玉美还可见到十字石、蓝晶石片岩。其原岩主要为碎屑岩。地质时代为前震旦纪。墨脱县邦勾至国境段，出露西恩群，岩性为一套从上而下由深到浅的变质岩系（逆变质层序）组成。厚度大于1000米，时代为震旦—寒武纪。墨脱县和察隅县间米什米山区丹龙曲下游，出露米什米组，岩性从下而上依次为灰绿色石英岩、千枚岩、片状石英岩、黑云母眼球状片麻岩、石榴子石片岩、十字石、蓝晶石、石墨片岩等。门隅地区的卡门及苏班西里地区为喜马拉雅东段，出露赛拉群和邦迪拉群，赛拉群为较深变质岩系，岩性为片麻岩、钙硅酸盐岩和钙质变粒岩，时代同为震旦—寒武纪。

3.阿里地区

阿里地区较深变质岩系见于普兰县北东的纳木那尼峰地区、扎达县什布奇地区及曲松以西至国境一带。纳木那尼峰地区变质岩系的岩性为千枚岩、角闪片麻岩、条带状混合片麻岩、黑云母石英片岩、大理岩、阳起石绿泥石片岩等，类似于珠峰地区拉轨岗日断续出露的较深变质岩，目前暂对比为前寒武系。什布奇一带位于早古生代地层之下的蓝晶石片岩、角闪片岩、云母石英片岩及云母片岩等，亦可能代表该区的前寒武系。

通过近年来对西藏高喜马拉雅或中央结晶带变质岩系的研究，结合区域资料综合分析，可以得出以下初步认识：

1）中央结晶带由一套厚度近两万米的沉积变质岩系构成。变质程度一般达到铁铝榴石闪岩相，属巴罗型（Barrovian）中级变质岩。层序上部强烈混合岩化，并有若干小型第三纪花岗岩侵人。原岩主要以泥质、泥砂质岩为主，夹杂砂岩、长石砂岩、碳酸盐岩及少量火山岩，具复理石构造，类似地槽型沉积。

2）中央结晶带的下限一般以主中央冲断层为界。

3）克什米尔地区，伏于寒武系之下的多格腊板岩可以和含晚期前寒武纪或震旦—寒武纪叠层石的哈扎腊板岩、西姆拉板岩对比，其下伏的萨卡拉岩系或中央结晶带岩层的时代可以推论属于前震旦纪。

4）中央结晶带变质岩系经受了多期变质作用，早期的发生在前震旦纪，今聂拉木群的早期变质年龄为660～640百万年（中国科学院贵阳地球化学研究所同位素年龄实验室，1974）。喜马拉雅期的变质作用和混合岩化也都十分强烈。

5）推论自震旦纪至第三纪中期，中央结晶带的岩层深埋于巨厚的特提斯沉积层序之下。

二、古生界

1.奥陶系（图2-2-2）

西藏奥陶系的分布明显地受构造因素所控制，均出露于大断裂带南侧或背斜核部，沿构造线零星分布，其中以特提斯喜马拉雅区发育较全、出露亦较广，且以聂拉木县甲村剖面为代表。下奥陶统甲村组在聂拉木厚726米，由该处向西，碎屑岩逐渐增多，厚度变薄；向东基本上都以壳相灰岩为主，夹少量砂、页岩，厚度渐减。甲村群下组既有大量北方型的珠角石 *Pomphoceras*，*Wutinoceras* 出现，也有华北区及扬子区共有的内角石代表 *Manchuroceras*，早奥陶世以 *Aporthophyla* 动物群及 *Maclurites* 动物群为代表，均见于华北区、扬子区以及陕南、滇西同时代的地层中。当时古地中海处于萌发阶段，还未形成东西向的特提斯海。

中奥陶世，西藏地区以直壳细体管鹦鹉螺化石的大量繁盛为特点，其中 *Sinoceras* 属为我国中奥陶统宝塔组特有的化石，分布面积广，层位十分稳定。

晚奥陶世，藏南已发现的含化石地层仅聂拉木县与定结县的红山头组，以棕红色钙质页岩为特征，仅发现少量直壳细体管类型的鹦鹉螺化石 *Michelinoceras*。

藏北奥陶系与藏南基本相似，主要出露于申扎县永珠乡到永珠藏布桥，组成一东西向的复式向斜两翼。其下奥陶统为一套灰白色中厚层状白云质灰岩，富含海百合茎及少量正形贝类化石，厚约10700米；中奥陶统雄梅组，紫红色薄层至中层状龟裂纹灰岩富含头足类 *Lituites*，*Richardsonoceras*，*Sinoceras* 及海林檎化石，厚180米；上奥陶统刚木桑组，厚250米，岩性为灰白色结晶灰岩，含少量腕足类、头足类化石，顶部为笔石页岩及赫南贝动物群层，含有 *Orthograptus* spp.等。

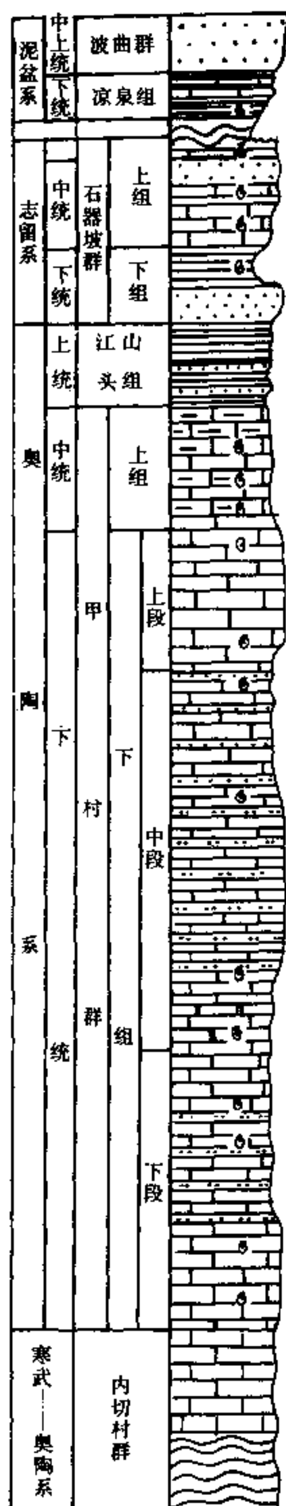


图 2-2-2　聂拉木县奥陶系、志留系柱状剖面图（据王义刚）

总的说来，西藏地区奥陶纪的沉积及生物区系均属过渡类型，以大量浮游生物为主，为热带近岸的浅海碳酸盐岩沉积，水动力条件十分流畅。奥陶纪时，亚洲大陆的海洋通道由南北向逐渐变为东西向，因而西藏、滇西以及甘肃东部地区的生物具有明显的混生现象。

2.志留系

在西藏地区的广大范围内，志留系出露点较少，目前仅知在特提斯喜马拉雅南部分区、狮泉河—申扎分区和喀拉昆仑分区的几个地点出露。

特提斯喜马拉雅南部分区的中、下志留统为石器坡群。其上组为石灰岩、泥灰岩、夹石英砂岩，富含鹦鹉螺 *Harrisoceras*，上部的石灰岩滚石中还有头足类 *Michelinoceras*、珊瑚 *Triplophyllum*、笔石 *Pristiograptus* 等；下组为砂质页岩和石英砂岩，与下伏上奥陶统红山头组呈整合接触，含笔石 *Climacograptus scalaris* 等。

狮泉河—申扎分区下志留统东卡组，为结晶灰岩、白云质结晶灰岩及生物碎屑灰岩，产床板珊瑚 *Solenihalysites norvegicus*；日射珊瑚 *Heliolites* sp.；鹦鹉螺 *Harrisoceras* cf.等，东卡组之上未找到化石的砂板岩、石英岩、千枚岩和结晶灰岩等，可能为中、上志留统。

喀拉昆仑分区的下志留统为长石石英砂岩，产腕足类 *Hindella xizangensis*，未找到化石的雅西尔群下部，也可能属志留系。

西藏北部班戈县的下志留统东卡组，从岩性和生物群的特征看，与珠峰地区笔石相的石器坡群下组差异甚大。从西藏北部的日土县及班戈县两地所发现的下志留统来看，实际分布范围可能比目前知道的要广泛得多。至于石器坡群下组的笔石动物群，与我国滇西区的下仁和桥组、华南区的连滩组以及华中区的龙马溪组大致可以对比。中、上志留统化石较少，是今后工作中一个十分值得重视的问题。

3.泥盆系（图 *2–2–3*）

西藏的泥盆系出露范围并不大，而且往往只是呈狭窄的断续条带状或零星的露头分布。其中，东部的昌都地区，由于受金沙江、澜沧江和怒江三条深大断裂的影响，而有较多的泥盆系出露。藏北大部分地区因被巨厚的中生代海相地层所覆盖，仅在局部地段出露了一些泥盆系的零星露头。藏南喜马拉雅山地区有较完整的泥盆系分布。

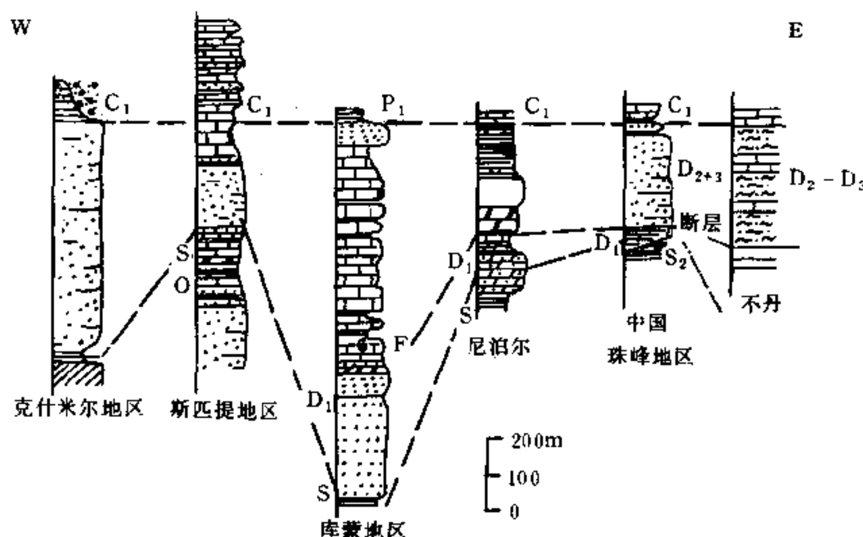


图 2–2–3　特提斯北喜马拉雅南部带泥盆系柱状剖面对比图（据文世宣等）

(1) 泥盆系的分区　根据地层发育情况、沉积物特征和生物群面貌，西藏的泥盆系可划分成五个分区：

1) 金沙江分区　泥盆系在金沙江西岸见于江达的同普和冬拉一隅。出露上泥盆统，称东拉群，为泥灰岩、砂岩、板岩、砾岩等，夹有大量的中酸性火山岩、凝灰岩，产腕足类 *Cyrtospirifer spicatus* 等，说明晚泥盆世沿金沙江一带地壳为不稳定的活动地带，火山活动十分强烈。

2) 昌都分区　在澜沧江与金沙江之间，从昌都的妥坝，经贡觉的涅拉，芒康的海通，小邦达和盐井以东，一直延伸到滇西的德钦。泥盆系大致呈北北西—南南东方向的条带状分布，基本上属于地台型沉积。下泥盆统未出露，中、上泥盆统的厚度约近千米，岩性以碳酸盐岩为主，产丰富的珊瑚、腕足类和层孔虫化石，往往聚集成礁，其出露以昌都妥坝和芒康小邦达、海通等地的剖面较好。中泥盆统分成海通组和丁宗龙组，上泥盆统分成卓戈洞组和羌格组。海通组由砂页岩、泥灰岩和白云岩组成，产腕足类 *Athyrisina squamosa*，床板珊瑚 *Pachyfavosites* 等；丁宗隆组是夹生物礁浅海碳酸盐类沉积，产腕足类 *Stringocephalus dorsalis*、珊瑚 *T.tumeoforma* 等；卓戈洞组为泥灰岩、生物礁灰岩与白云岩互层，产腕足类 *Cyrtospirifer sinensis*，珊瑚 *Nalivkinella* cf.；羌格组为一套灰黑色碳酸盐类沉积，产腕足类 *Yunnanella hsikuangshanensis* 等。

3) 察隅分区　泥盆系出露于松宗—竹瓦根复背斜的核部，仅上覆中统和上统剖面不完整。但泥盆系的顶界却是清楚的，与石炭系多呈整合接触。中泥盆统见于察隅古玉区古金公社附近，致密灰岩中产珊瑚 *Grypophyllum*，层孔虫 *Amphipora*，上部与一套厚达千米不含

化石的石灰岩连续过渡。上泥盆统分三个地层单位：雅则组为生物碎屑灰岩和泥质灰岩互层，顶部与石炭系呈整合关系，产层孔虫 *Amphipora pinguis*；贡布山组为生物碎屑灰岩夹长石石英砂岩和板岩，产珊瑚 *Sinodisphyllum litvinovitshae*、腕足类 *Atrypa* sp.、层孔虫 *Atelodictyon* cf.；念淌组岩性为白云岩，不含化石。

4）藏北分区　泥盆系出露零星。阿里北部中、下泥盆统雅西尔群以石英砂岩为主，夹大理岩，未见化石；上泥盆统拉竹龙组由石灰岩、泥灰岩组成，产丰富的腕足类、珊瑚和层孔虫，往往聚集成礁。拉竹龙组下部产珊瑚 *Peneckiella*、层孔虫 *Hermatostroma*，等，上部产腕足类 *Whidbornella rugae* 等。藏北的"夏姑尔错岩系"和"碱湖岩系"中亦产有上泥盆统的腕足类 *Cyrtospirifer* sp.等，大致可与拉竹龙组对比。

5）喜马拉雅分区　已发现的泥盆系露头点有普兰县西南赤德沟支沟，仲巴县则郎札昌淌南，聂拉木县甲村至亚里和定结县萨尔共巴强等四处。后三处含有营漂浮生活的竹节石。聂拉木县的亚里剖面出露较完整，分为下泥盆统凉泉组，中、上泥盆统波曲群及上泥盆统亚里组下段。凉泉组在页岩夹石灰岩中产笔石 *Neomonograptus*、竹节石 *Nowakia acuaria*、*Styliolina* cf.和头足类 *Michelinoceras* 等。普兰县西南赤德沟支沟的泥盆系，产营底栖固着生活的床板珊瑚 *Squameofavosites* cf.时代应为早泥盆世。

(2) 西藏泥盆系的分类　根据岩性和生物群特征，可分下列两种类型：

第一种类型是雅鲁藏布江以南的喜马拉雅山的泥盆系，下统以页岩夹石灰岩为主，产漂浮生活的笔石和竹节石，代表远岸、缺氧、水体比较平静的海盆地中的沉积。中、上泥盆统则主要由一套石英砂岩组成，未获化石。

第二种类型主要分布于西藏东部的昌都分区和察隅分区，下泥盆统尚未见及，中、上泥盆统由石灰岩、泥灰岩和白云质灰岩组成，富产底栖固着生活的腕足类、珊瑚和层孔虫，代表一种近岸、富氧环境下的正常浅海沉积。

4.石炭系（图 2-2-4）

西藏石炭纪沉积有两种类型。喜马拉雅区和念青唐古拉—冈底斯区包括羌塘部分地区的石炭系主要是下石炭统，腕足类 *Syringothyridae* 科最常见，大长身贝科代表不多，腕足类动物群面貌与华南不同；上石炭统是冈瓦纳相，中石炭统仅班戈一带可能存在，以上简称南相。唐古拉—三江地区及以北广大地区的石炭系以东部昌都一带层序最全，可分出上、中、下三统，各统出现各自的生物群和岩石相，类似华南的石炭系层序，可作分层对比的标准，简称北相。

(1) 南相石炭系　南相石炭系根据近年的研究，自下而上可分为下石炭统亚里组、纳兴群，中石炭统泥岩和泥质灰岩以及上石炭统基龙组。

1）下石炭统　亚里组上段为下石炭统，岩性为石灰岩夹页岩层，以产 *Imitoceras*，*Gattendorfia* 菊石为特征；纳兴群是一套浅海相碎屑岩沉积，化石以腕足类为主，包括三个组

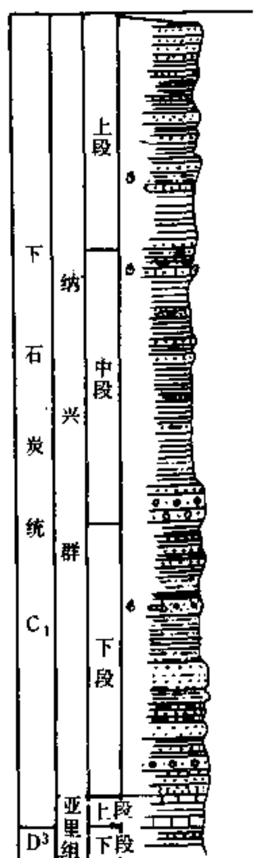


图 2-2-4　聂拉木县亚里—纳兴石炭柱状剖面图（据章炳高,有所修改）

合，下部称 *Fusella–Ovatia* 组合，以 *Fusella* 石燕科种类占优势；中部称 *Marginirugus–syringothyris* 组合；上部 *Gigantoproductus–Balakhonia* 组合，长身贝类占有明显地位。察隅拉古一带下石炭统明显地分为两部分，板岩夹细砂岩在下，有 *Fusella* 等；上部是泥质灰岩及粉红色花斑状或瘤状泥质灰岩，称诺错组。察隅东南日土，石灰岩层中产珊瑚 *Dibunophyllum*，*Yuanophyllum* 等。

2）上石炭统　南相石炭系上统有两种岩相，属冈瓦纳相。在雅鲁藏布江以南通称基龙组，以北称旁多群。基龙组的下部通常是冰海相沉积的杂砾岩；中部是生物碎屑粉砂岩，产 *Stepanoviella* 为特色的腕足类群，以及珊瑚 *Empodesma* 和瓣鳃类化石。上部是细砂岩和石英砂岩夹少量砂质页岩。根据化石和岩性，基龙组属于冈瓦那古陆北缘海盆的产物。

中石炭统在本区缺乏化石证据，仅在班戈多加棍加一带出露的紫红色泥岩和泥质灰岩中，有疑为中石炭世的腕足类化石 *Martinia* cf.等。

（2）北相石炭系　北相石炭系的特点是下石炭统以个体巨大壳壁厚，形态奇特的大长身贝科和 *Davistellidae* 科最繁盛；珊瑚类以单体四射珊瑚为主，通常是中国型的 *Yuanophyllum* 科最繁盛；中及上石炭统富含蜓类。

1）下石炭统　出露最全的地区在昌都一带，自下而上分为乌青纳组和马查拉组。乌青纳组是本区下石炭统最下的一个地层单位，以产珊瑚 *Cystophrentis* 为特征，这是我国南部早岩关期的带化石，大致相当于贵州的革老河组；马查拉组的下部通常是含煤碎屑岩，上部是石灰岩，主要化石有珊瑚 *Yuanophyllum*；腕足类和 *Striatifera* 等共生。马查拉组的蜓类称 *Eostaffella* 带，大致相当下石炭统大塘阶。

2）中石炭统　以骜曲群为代表，岩性主要是石灰岩层，有较丰富的蜓类化石，上部称 *Fusulinella–Fusulina* 带，下部称 *Profusulinella* 带，大致相当于华南黄龙群的蜓带。

3）上石炭统　上石炭统里查群，岩性由石灰岩和白云质灰岩组成，向东到江达地区夹中酸性火山岩类，延伸到芒康、贡觉地区出见钙质或碳质页岩、砂岩的夹层，蜓类化石丰富，上部称 *Pseudo Schwagerina* 带，下部称 *Triticites* 带。这两个带全部相当华南的马平群。此外尚见珊瑚 *Caninia*，*Kepingophyllum* 等。念青唐古拉—冈底斯区的西部日土县龙木错一带出露的石灰岩和砂岩，称龙木错群，产 *Boultonia*，*Triticites* 等蜓和苔藓虫化石，类似本区里查群 *Triticites* 带，属上石炭统。

5.二叠系

西藏二叠系分布相当广泛，它是西藏地层序列中发育最为完善的层段之一。根据岩相及生物群面貌，可以把二叠系分为两个大区：喜马拉雅区和藏北区。后一区又可分为五个分区。

（1）喜马拉雅区　下二叠统下部有曲布组和曲布日嘎组，标准地点在定日县曲布附近，由砂、页岩及石灰岩组成，含有舌羊齿植物群和以单体珊瑚 *Lytvolasma* 动物群为主的冷水动物群，其面貌与南亚次大陆上冈瓦纳边缘海相生物群相类似。下二叠统上部有拉赛拉灰岩系，见于仲巴县平都山口拉赛拉一带，由灰白色块状灰岩、硅质岩和红色灰岩组成。在石灰岩中含有丰富的海相无脊椎动物化石，有蜓类、珊瑚、腕足类、苔藓虫及钙藻等，如 *Leptodus* cf.这些化石面貌反映了与特提斯海区的生物群关系密切。

（2）藏北区　本区又可分为如下五个分区：

1）冈底斯—念青唐古拉分区　下二叠统下部（乌鲁龙组）由板岩和灰岩互层组成，含有单体珊瑚 *Lytvolasma* 动物群的组成分子，其面貌与喜马拉雅区的较为相近。上部全由石

灰岩组成，含有丰富的特提斯海区生物群。

2）喀拉昆仑分区　下二叠统下部吞龙共巴组的标准地点在日土县吞龙共巴附近，由砂岩、黑色板岩和深灰色灰岩组成，含有较丰富的蜓类 *Monodiexodina* 动物群和苔藓虫化石，与我国内蒙古北部、黑龙江北部和吉林中部等地同时代地层中所含生物群面貌相近。上部由大理岩和石灰岩所组成，所含生物群属特提斯海类型。

3）三江分区　下二叠统由莽错组、交嘎组灰岩组成，生物化石相当丰富，是典型的特提斯海类型；上二叠统由妥坝组、卡香达组海陆交互相的砂、页岩及石灰岩组成，含有可采煤层所产植物化石属华夏植物群，动物化石是特提斯海类型。

4）唐古拉分区　下二叠统上部为甘尔宝群，所产动物化石与特提斯海区关系密切；上二叠统上部为热觉茶卡组，由砂、页岩和泥岩夹薄煤层、深灰色粉砂质页岩及石灰岩组成，植物化石有 *Salaginellites tibeticus* sp.等，石灰岩中的蜓类以 *Palaeofusulina* 属为特征，腕足类有 *Leptodus* sp.等，从化石分析，在层位上同我国华南地区上二叠统长兴组大致相当。

5）可可西里—昆仑分区　下二叠统上部为宁共曲久隆组，为一套巨厚的复理石沉积，由浅变质的砂、页岩及少量灰岩组成。所产极少量的蜓类化石与特提斯海区的比较接近。

根据板块构造学说，西藏二叠纪地层中所含生物群可以分为两种类型，即古陆边缘海类型和特提斯海类型。在古陆边缘海中，由于受到早二叠世早期发生在冈瓦纳古陆上的冰川作用之影响，发育了冷水型单体珊瑚 *Lytvolasma* 动物群、厚壳腕足类 *Taeniothacerus* 动物群和蜓类 *Monodiexodina* 动物群；到早二叠世晚期由于气温上升，冰川退缩，暖温特提斯动物群侵入其间，发育群体珊瑚 *Iranophyllum* 动物群、蜓类 *Monodiexodina* 动物群、菊石 *Cyclolobus* 属以及以粗枝藻科和裸海松藻科为代表的钙藻植物群等特提斯类型的生物群。

三、中生界

1.三叠系

三叠系是西藏地区分布最广的地层之一，它仅次于侏罗系，以海相为主。在藏北和藏东的上三叠统上部有陆相地层。可分为五个区：

（1）喜马拉雅区特提斯喜马拉雅南分区　该区中段和西段三叠系发育齐全，由海相岩层所组成，仅在局部地区的上三叠统最上部有滨海相岩层或陆相夹层。下三叠统为康沙热组，岩性为浅紫色页岩和生物碎屑灰岩，以 *Otoceras* 菊石群分布最广泛；中三叠统为赖布西组，岩性为灰黄绿色页岩和石灰岩，以菊石动物群 *Japonites magnus* 带为特征；上三叠统为扎木热组、曲龙共巴组和德日荣组，岩性为生物碎屑灰岩和砂质页岩，有菊石动物群 *Parahaurites acutus* 带。厚度下三叠统往往是几十米，中三叠统是几百米，上三叠统可以超过千米，为较稳定的沉积。

（2）喜马拉雅区特提斯喜马拉雅北分区　三叠系在山南地区均有出露，呈窄长条状分布，厚度较大者为几千米，具基性火山岩、硅质岩、类复理石沉积，为较典型的优地槽型沉积。从下三叠统所发现的层位看，可以与康沙热组对比；中三叠统已发现有拉丁阶，可与赖布西组相当；上三叠统吉隆组从其所产 *Monotis salinaria* 化石分析，与曲龙共巴组层位相当。

（3）冈底斯—念青唐古拉分区　拉萨—比如分区出露有三叠系，拉萨一带目前仅知有中、上三叠统，中三叠统查曲浦组产 *Paratrachyceras*, *Protrachyceras* 等，中、上三叠统估计厚度超过千米，基本上均为海相层，具硅质岩及较多的中、酸性火山喷发岩，含化石较多。比如一带有化石证据的三叠系零星见于索县附近和比如恰则布央久附近的上三叠统，局

部夹碳质页岩和煤层。此外“沙丁板岩”中包括部分三叠系。

(4) 唐古拉—三江分区　区内昌都分区和唐古拉分区均有三叠系分布。昌都分区出露于江达、贡觉、芒康一带，下三叠统普水桥组和色容寺组与康沙热组相当，岩性为碎屑岩及火山岩夹石灰岩及少量粉砂岩，产菊石 *Owenites* sp.、*O.egrediens*、瓣鳃类 *Eumorphotis* cf.；中三叠统为瓦拉寺组和丛拉组，岩性为灰黑色板岩与砂岩互层和火山岩，产 *Cuccoceras* sp. 和瓣鳃类 *posidonia* sp.；上三叠统为波里拉组和巴贡组，岩性为中厚层灰岩、泥灰岩及大理岩，上部为含煤碎屑岩夹煤层，菊石有 *Parathisbites*, *Anatibetites* 等，植物化石有 *Danaeopsis fecunda* 等。唐古拉分区中、下三叠统见于错尼西南，称为康鲁组、硬水泉组和康南组，岩性为灰色泥岩、薄层灰岩和粉砂岩，产菊石 *Acrochordiceras* cf.；上三叠统为结扎群和土门格拉组，岩性为灰色细砂岩、粉砂岩和灰白色厚层灰岩，上部产菊石 *Anasirenites* cf.等。

(5) 可可西里—昆仑分区　出露于北部萨玛尔绥加山一带，厚度较大，具复理石沉积，有化石证据的为上三叠统下部。岩性为深灰色细砂岩、砂质页岩夹少量碳质页岩和石灰岩，化石有瓣鳃类 *Cassianella* cf.等。

2.侏罗系（图 2-2-5）

西藏地区海相侏罗系非常发育，可以说侏罗纪海是西藏地质历史上海进最广泛的时期之一，整个西藏几乎全都置于浩瀚的特提斯海之中。在喜马拉雅区、冈底斯—念青唐古拉区、唐古拉—三江地区三个地层区都有侏罗系呈东西向条带状广泛出露，只在最北面的可可西里—昆仑区见到陆相的侏罗系。根据沉积岩特征和生物群面貌，可分七个沉积组合带。

(1) 特提斯喜马拉雅南带　为较稳定滨海浅海泥质碳酸盐岩和碎屑碳酸盐岩沉积组合带。沉积总厚度 2400～5000 米，主要为石灰岩、石英砂岩、页岩、生物碎屑灰岩和泥灰岩等，未见火山岩。下侏罗统普普嘎组以浅海泥质碳酸盐岩为主，含有菊石、珊瑚、有孔虫、腹足、瓣鳃、腕足类等化石，以吉隆马拉山一带最厚，向东西变薄；中侏罗统聂聂雄拉组为浅海碎屑碳酸盐岩沉积组合，主要为石灰岩、鲕状灰岩、石英砂岩，西部阿里地区泥质成分较多，含有珊瑚、层孔虫、菊石、箭石、腕足、瓣鳃类等化石；上侏罗统门卡墩组以泥质碳酸盐岩为主，主要有页岩、板岩、泥灰岩夹有一些碎屑岩，从东向西有逐渐加厚的趋势，反映海水较深的环境。

(2) 特提斯喜马拉雅北带　为较活动浅海半深海硅质、泥质碳酸盐岩并伴有中性火山岩的沉积组合带。下侏罗统日当组厚度大于 1000 米，见于东部隆子、江孜一带，主要为灰黑色页岩、硅质泥质灰岩、凝灰质砂岩等，产有丰富的菊石群；中侏罗统江孜组厚 700 米，下部为复理石沉积组合，上部以薄层

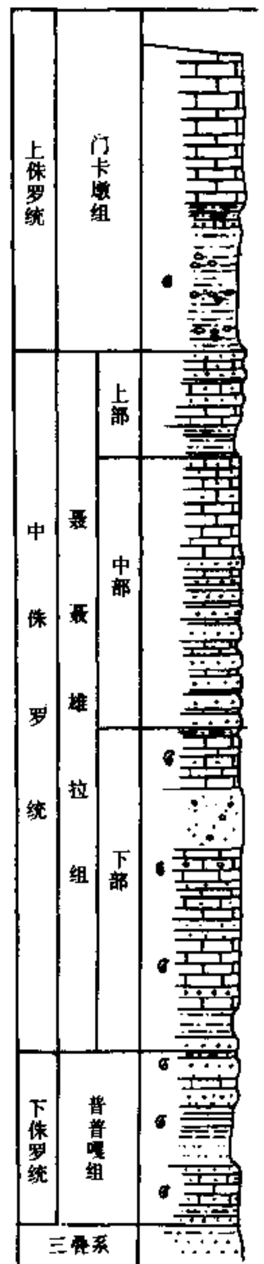


图 2-2-5　珠峰地区南区侏罗系柱状剖面图（据王义刚 张明刚）

灰岩、泥灰岩为主，夹有凝灰岩或少量基性火山岩，只在康马涅加区找到菊石化石；上侏罗统维美组厚800余米，从下到上岩性由粗到细成一完整沉积旋回，底部为含砾石英砂岩，其上为砂质灰岩、灰黑色页岩、细砂岩，化石有菊石、箭石，反映了较深水的还原环境，维美组分布较广，见于江孜、拉孜等地。

(3) 拉萨—波密—察隅稳定浅海碳酸盐岩沉积组合带　拉萨附近上侏罗统为一套灰白至灰黑色中厚层灰岩、生物碎屑灰岩，下部有少量板岩夹石灰岩，厚300～800米，产有珊瑚、腹足类，反映了正常浅海广海的环境。察隅一带上侏罗统以黑灰色页岩、石英砂岩为主，厚度变化大，与北面班公湖—怒江断裂带以南较活动滨海浅海泥质碳酸盐岩及碎屑岩沉积组合带东段相近似，称为拉贡塘组，化石以菊石为主。

(4) 班公湖—怒江断裂带以南　为较活动滨海浅海泥质碳酸盐岩及碎屑碳酸盐岩沉积组合带。此带大致可以分西、中、东三段。西段改则县川巴一带中侏罗统称为大黑山组，以石灰岩、泥灰岩、泥岩为主，厚约700余米；班戈县伦坡拉盆地南缘上侏罗统为灰绿色火山碎屑岩夹泥灰岩，产菊石及瓣鳃、腹足类，出露厚300余米。中段比如边坝至洛隆一带，上侏罗统为郭曲群，以砂质条带状板岩为主，并有凝灰质砂岩、流纹质火山集块岩，产有大量菊石，反映了较深海的活动性的特点，其下为不含化石的砂岩、板岩复理石沉积；在边坝和洛隆以西上侏罗统称为拉贡塘组，厚约1100余米，以灰黑色、灰绿色页岩、砂质页岩为主，含有菱铁质结核，产有菊石及少量海胆、瓣鳃类，反映了较深海还原环境，其下为巨厚的灰黑色板岩和变质砂岩（亦名"沙丁板岩"），厚达数千米，未见化石。东段洛隆以东，在马里、拉贡塘等地，中侏罗统为石灰岩、泥灰岩、石英砂岩，夹有安山岩层，底部有砾岩层，称为柳湾组，含有腕足、瓣鳃类等，厚度近1000米。

(5) 班公湖—怒江断裂带以北较活动的碎屑泥质沉积组合带　为沿着班公湖、尼玛、东巧、索县丁青这一深断裂经过的北侧的狭窄沉积带，是一套浅变质的灰绿色砂、页岩。在西部中侏罗统称为木嘎岗日群，厚达2000米以上，含少量珊瑚。而中、东部，除中侏罗统以外，还有以砂岩、页岩、碳质页岩为主，含早侏罗世菊石及植物，变质较浅的下侏罗统格那隆巴群和上侏罗统东巧组（在丁青称为布托组）。

(6) 喀拉昆仑—唐古拉稳定滨海浅海碎屑碳酸盐岩沉积组合带（间夹陆相沉积）　本带分东西两部分。西部主要以阿里地区日土县上侏罗统界山大坂组为代表。界山大坂组以石灰岩为主，含珊瑚、腕足、瓣鳃类，反映正常浅海环境。东部唐古拉分区以雁石坪群和色哇组为代表的中侏罗统广泛分布为特征，色哇组以灰黑色页岩为主，夹有泥岩、泥灰岩，产菊石，厚约1240米，见于班戈县北部和安多一带。雁石坪群是典型浅海碎屑碳酸盐岩沉积，夹有陆相碎屑岩层。从岩性和厚度变化来看，以中部雁石坪一带较厚，达4000米以上，往东、西均有变薄趋势，陆相夹层中含淡水瓣鳃类。这一套地层以含缅甸贝—沟孔贝动物群为特征，含有大量瓣鳃类，上部含有菊石。

(7) 昌都较活动海陆交互碎屑岩沉积组合　主要分布在怒江以东地区，以红色碎屑岩和杂色碎屑岩为主，厚度可达2000～3000米。下中侏罗统称察雅群，在类乌齐、昌都、芒康竹卡等地产有腕足类、瓣鳃类、有孔虫等海相化石，昌都以东达马拉山和芒康产有陆相恐龙及植物；上侏罗统为香堆群下部，未找到化石。此外，在芒康还有含有孔虫的海相下侏罗统。

3.白垩系（图2-2-6）

西藏的白垩系分布不广，只是几个带和一些盆地型沉积。可以分为海相、海陆交替相和

陆相三种沉积类型，大致是由南向北、由西向东、由老到新逐渐变为陆相。最南边的特提斯喜马拉雅南部分区上、下白垩统均为海相沉积，而特提斯喜马拉雅北部分区上白垩统日喀则群秋乌组是含植物、淡水软体动物的陆相沉积。冈底斯—念青唐古拉区陆相沉积加多，西部的狮泉河—申扎分区下白垩统主要为海相沉积，只川巴组和多巴组夹有含植物和淡水化石的陆相地层，上白垩统竞珠山组全为陆相地层。东部比如分区从下至上几乎全为陆相沉积。唐古拉—三江地区只有最西部的喀拉昆仑分区白垩系中具有海相软体动物和有孔虫的泥灰岩夹层，其以东的白垩系均为陆相沉积。

(1) 海相白垩系沉积带　西藏白垩纪的海相及夹于陆相地层中的海相沉积，分为4个条带，由南向北为：

1) 以岗巴、定日地区的地层为代表，与下伏侏罗系为连续沉积，从下至上为细碎屑岩为主的岗巴群、固着蛤灰岩相的宗山组及滨海石英砂岩相的基堵拉组，产有孔虫、菊石、珊瑚、瓣鳃、腹足类等稳定而温和的浅海环境下的动物群的化石。

2) 日喀则、江孜一带的日喀则群、拉孜群、加不拉组和宗卓组等，发育着含煤陆相沉积、粗碎屑堆积、韵律明显的细碎屑复理石沉积、含放射虫硅岩沉积和火山物质堆积。

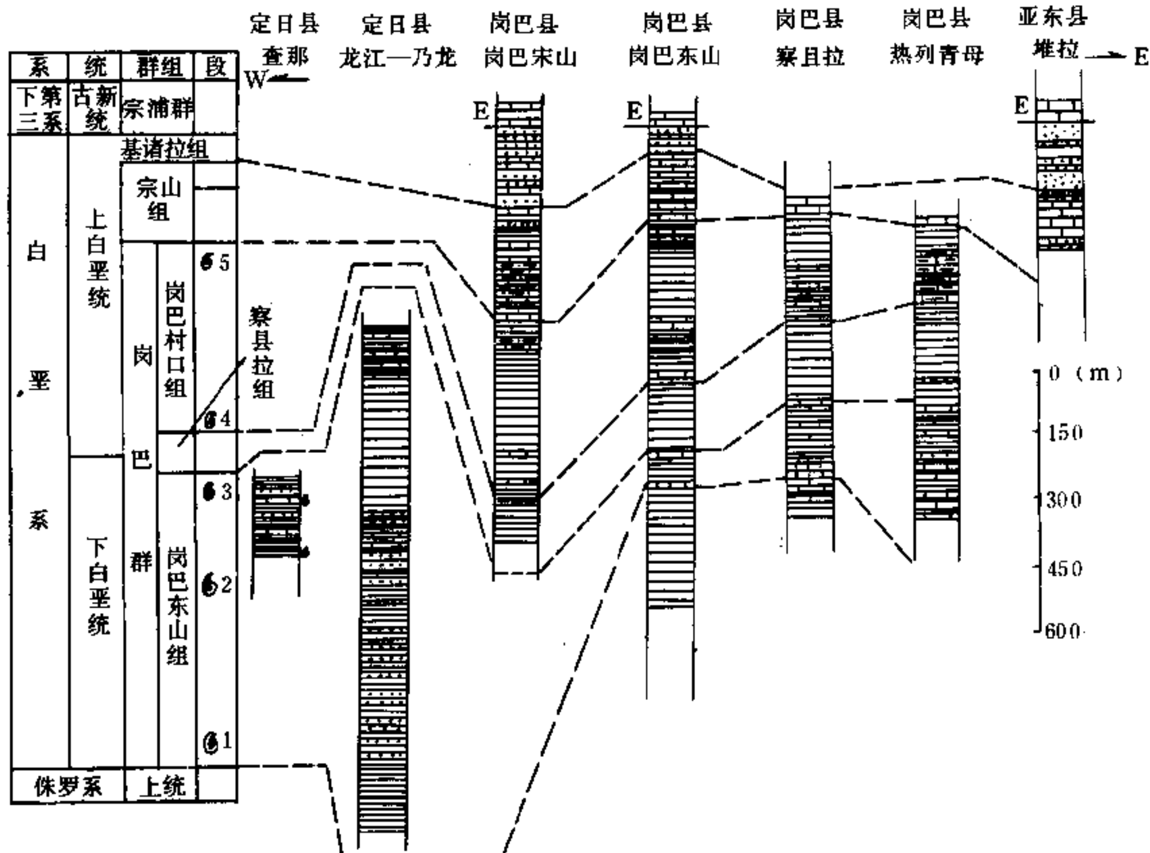


图 2-2-6　珠峰北坡地区白垩系柱状对比图（据文世宣）

3) 班戈、申扎、狮泉河一带的多巴组、郎山组和拉萨附近的楚木龙组、塔克那组，岩性为碎屑岩和碳酸盐岩并夹有红层，以含化石圆笠虫、固着蛤、海娥螺及六射珊瑚为特征。

4) 西藏西北喀拉昆仑一带，分布有陆相红层中的一些海相泥灰岩夹层，所含化石只有

少量瓣鳃类、腹足类及有孔虫。

以上四个条带的白垩系，都是古地中海东部几条互相不甚畅通又环境有些差别的和接近最后海退之前沉积形成的几个分支。

(2) 陆相白垩系　西藏陆相白垩系除日喀则群的一些地层以外，均限于雅鲁藏布江一带以北，主要为盆地型及夹于海相层中的沉积，其变化规律是由老到新由暗色的含煤（或煤线）沉积渐变为杂色层至红层。狮泉河—申扎分区下白垩统川巴组中的陆相地层为含煤沉积，上伏多巴组也有含化石 *Trigonioides* 的陆相沉积，为杂色层，郎山组之上的上白垩统竞珠山组全为红色沉积。这一变化规律反映了白垩纪时期雅鲁藏布江以北地区气候变迁的情况，即从白垩纪早期到晚期气候由温暖、潮湿逐渐变为比较干旱的环境。此外，多尼组和林布宗组早白垩世亦夹有煤系地层。

四、新生界

1.下第三系

西藏下第三系可分为海相和陆相沉积两部分：海相地层分布较窄，主要见于藏南定日—岗巴一带，以石灰岩为主，化石丰富；陆相地层分布零散，几乎见于每一个分区，以砂、砾岩及泥岩为主，见表 2–2–2。

表 2－2－2　西藏下第三系对比简表

地区 地层		特提斯喜马拉雅南部分区	特提斯喜马拉雅北部分区		狮泉河—申扎分区			昌都分区
		岗巴、定日	东部曲松	西部北缘麦拉山口南	西部南缘门士	日喀则	东部北缘班戈	
渐新统	上		罗布莎群中、下部		门士群下段	日贡拉山组中、下部	牛堡组	贡觉群上部
	中							
	下							
始新统	上			"麦拉砾岩"		秋乌化		
	中	遮普惹组						
	下							
古新统	上	宗浦组		?		错江顶群		
	中							
	下							
白垩系		基堵拉组	宗山组		曲欠亚组		郎山组	

西藏早第三纪地层，大致以藏南康马—萨迦—苏昨一线为界，分南北两带，南带海相下第三系发育，北带西段则缺失。海相地层分布范围远小于海相白垩系而只是残留海盆地的沉积。说明珠峰地区北带及以北西部地区，海侵的范围均没有超出中生代末期。早第三纪在冈底斯—念青唐古拉西段冈仁波齐峰一带沉积了巨厚的砂砾岩层，并夹有含植物化石的煤系地层即门士群下段；中段以麦拉山口一带为代表，亦为巨厚的砂砾岩层，其中并含有有孔虫化

石的石灰岩夹层，属于特提斯喜马拉雅北部分区西部北缘；东段以林周牛马沟一带为代表，含丰富的藻类及有孔虫化石，可能还处于稳定的浅海环境。这说明冈底斯—念青唐古拉褶皱带西段首先降起，由于南、北侧的急剧上升，于西段沉积了巨厚的砂砾岩，而中、东段仍处于残余的海盆或海槽状态，这一海域与藏南珠峰地区海一起，由于始新世晚期地壳的隆起，才全部结束西藏海的历史。

西藏早第三纪，除了靠南部边缘为海相沉积外，陆相地层分布在许多大小不等的盆地和凹陷，以始新统分布较广。现将各始新世地层中所含的生物群列表 2–2–3 如下：

表 2–2–3　西藏早第三纪始新世生物群及气候特征

地层名称	遮普惹组及宗浦组	"麦拉砾岩"	门士群下部	日贡拉山组中、下部	罗布莎群中、下部	牛堡组	贡觉群中、下部
符号	$E_1-E_2^M$	E_{1-2}	E	E_3	E_3^y	E	E
化石组合及古气候特征	丰富的海相化石：有孔虫、介形类、瓣鳃类、腹足类、鹦鹉螺海胆、藻类等 温暖的浅海	化石：有孔虫 滨海环境	植物化石：以桉树为主，有榕、杨梅等 热带—亚热带的桉树林	孢粉：以无口器粉属为主，有瘤纹水龙骨单缝孢、水龙骨单缝孢、菌榆粉、栗粉、栎粉等 亚热带—温暖带的混交林—阔叶林	轮藻：以盖轮藻属的种群为主，另有扁球轮藻属类型	上部：以松—云杉花粉组合为主，暖温带 中部：落羽杉—紫杉花粉为主 亚热带温湿气候 下部：榆—栎组合为主， 热带—亚热带湿热气候	孢粉：以被子植物花粉为主，有栗、栎、山毛榉、金缕梅科、五加科等 亚热带、暖湿带气候

（据章炳高等）

资料表明，不论是海相，还是陆相地层，其生物反映的是较温暖的环境，当时西藏尽管大部分地区已升出海面，但一般高度并不大，已出现的山系还不足以形成分隔气候的屏障，整个西藏基本上处在热带至亚热带湿润气候条件下。到了早第三纪末期，西藏一些地方才出现了变凉变干的趋势，如贡觉群上部有石膏层；牛堡组上部以产松和云杉花粉为主，其它有罗汉松、银杏、雪松、冷杉、铁杉等，代表了温带气候特征，而不像牛堡早、中期产榆、栎花粉组合的热带、亚热带气候；如日贡拉山组的中、下部的花粉也是亚热带—暖湿带特征，这一变化的发生与青藏高原开始大规模隆起有关。

2.上第三系

根据近几年的综合考察和收集到的地质、古生物资料，西藏地区的上第三系可分 4 个沉积区，见表 2–2–4。

（1）藏北高原区　包括昆仑和唐古拉山以南，革吉—措勤—纳木湖以北，索县以西的广大地区，以第三系发育较广而著称，但地层发育多是互相分隔的盆地。总的特征是沉积的下段为一套红色、棕红色或者浅棕色砾岩、砂砾岩、砂岩及带灰色的细砂岩，常夹有石膏层，地层时代多为早第三纪的始新世—渐新世，均属干热型。沉积层的上段颜色变浅，以灰黄色浅灰色砂岩和粉砂岩多见，局部地段夹灰绿色细砂岩、泥岩及碳质层，反映气候较湿润，气

温偏低，属上第三系。

丁青组下段下部同南木林乌龙组相当，化石较丰富，孢粉组合中以孢子、栎—雪松粉占优势为特征，草本植物花粉含量很少，为潮湿多雨型，属中新世中—早期。丁青组下段上部以温带孢粉成分占主导，属中新统晚期。至丁青组上段大量温带树种出现，有雪松、冷杉花粉，而且温带树种和草本植物花粉占优势，说明沉积环境和当时的植被类型接近，属上新统。此外，布龙盆地的上第三系，含有三趾马动物群。

表 2－2－4　西藏上第三系对比简表

地区		藏北地区				冈底斯山南北					藏南山地				昌都地区
第四系	更新统	第四系			?		第四系	第四系	第四系		第四系	第四系		第四系	未见顶
上第三系	上新统	伦坡拉组（丁青组）	布龙组 ?	甲岗砂岩	龙木错—拉竹龙湖相层	狮泉河砂砾岩	门士群上部	日须沟组	当金堂组		扎达砂泥岩	普兰含煤层	野博康加勒群	卧马组	拉屋拉群
	中新统							野马沟组	来庆组 乌龙组	罗布莎群					
下第三系		牛堡组			?		门士群下部	凝灰岩	日贡拉组	E_3					

伦坡拉盆地第三系具有丰富的有机物质和向石油转化的有利条件，整个丁青组和牛堡组中段，均分布有富含有机质的暗色泥质岩，且广泛分布于盆地内。从岩性、岩相以及地球化学指标等方面分析，都具有较好的生油条件。生油岩有两种类型：第一种类型是暗色泥质岩类，包括灰色、灰绿色泥岩、灰黑色页岩、油页岩。这类岩性含有丰富的动物化石，其中有水生的浮游生物和微生物，如介形类，局部富集成层。这类岩性的地球化学指标，除有机碳含量低，转化系数低外，其各项指标均达到我国陆相盆地的生油层指标，是盆地的主要生油岩；第二种类型是碳酸盐岩类，包括生物碎屑灰岩、生物鲕状灰岩、泥灰岩及石灰岩等，这类岩石有机质含量较高，向石油转化程度也好，但在盆地内分布范围狭窄，多集中在盆内斜坡及盆地中心，厚度也小，是盆地的次要生油岩。伦坡拉盆地生油岩层位是第三系丁青组和牛堡组 E_n^2、E_n^3，牛堡组 E_n^2 转化率最好，是伦坡拉盆地最好的生油层。根据钻井资料，整个第三系生油岩厚度有 800～1200 米左右，主要分布在盆地内中央凹陷区，从西向东，大致在蒋日阿错、江加错凹陷、爬错凹陷一带，为伦坡拉盆地的主要油源区。

(2) 冈底斯山南北　包括冈底斯山系及两侧的新生代盆地，新第三系发育较好，沉积厚度大，含有可采煤层和煤线。如门士群上部，上第三系厚约 1400 米，岩性主要为青灰色砂

岩、杂色泥岩，富含植物化石，夹有煤线。顶部与第四系呈不整合接触，底界与门士群下部的凝灰岩呈假整合关系。

(3) 藏南山地　藏南山地指喜马拉雅地区的中国一侧，自西向东延绵两千公里以上。这一地区的新生代沉积，由于受喜马拉雅运动的强烈影响，地层发育异常破碎，大面积地段可能因强烈剥蚀，早已不复存在，残留部分除扎达盆地外，一般面积狭小，成岩性差。扎达盆地上第三系和第四系异常发育，上新统为灰色细砂岩、灰色砾岩层，上部为具有薄层理的灰绿、青灰色粘土层，其上与第四系厚层状黄土、粘土层整合接触。未见底，此外，普兰盆地的上第三系在甲新、科加、赤德等地均有含煤层和煤线。

(4) 昌都地区　上第三系主要分布于横断山脉的冲积谷内，一般出露很薄，统称拉屋拉群。如八宿瓦达剖面以紫红色含钙质凝灰岩为主，上部与凝灰质砂砾岩或砾岩呈互层，下部为钙质胶结的安山玢岩和安山集块岩。在夏里布卡拉见本群以不整合 (?) 关系覆于多尼组黑色粉砂岩之上。拉屋拉群古生物资料很少，从孟城—底江剖面浅黄色粉砂岩、长石-石英砂岩互层、泥岩夹薄煤层中，采到杨、柳、赤杨、朴和榆树等叶化石，保存好，显示为温带的气候比较干燥的生态条件。

自古生代以来，西藏的地层区和沉积带总的发展趋势是：在较早的地质时期（古生代），统一的沉积区比较大，以相对稳定类型的为主，到比较晚的地质时期（中生代以来），统一的沉积区缩小，相对活动类型的加多。这个演变过程实际上就是相对活动类型沉积带陆续出现，分割了原先面积比较大的相对稳定类型沉积区的过程。

第三章　构　　造

青藏高原位于中国大陆的西南部，地处巨型特提斯—喜马拉雅构造域的东段，也是地球上最雄伟的年轻隆起区。整个高原面积达200多万平方公里，其中西藏自治区为120多万平方公里。由于这个地区无论从地质上或地形地貌上都是有着密切的关联，因此，在本章中将西藏同青海南部、四川西部统一加以论述。

根据遥感图像宏观特征的解释，推测在雅鲁藏布江断裂以北，阿尔金山断裂以南的西藏主体及青海西南部为一巨形块体，暂称之为“青藏地块”。从其图像来看（图2-3-1），具有相对浅色的图形特征，反映了深源结构的特点。它既不同于喜马拉雅构造区，也不同于塔里木地块。其位置和形状与布伽重力异常图由-500毫伽圈闭的负重力异常区十分接近，并与莫霍面等深线图66公里以下深度圈闭的特征也相一致（图2-3-2和图2-3-3）。从西藏及其邻区地质构造分析，总的轮廓是南北可分为三块：即北部为塔里木地块，中部为青藏板块和南部的喜马拉雅—印度板块（图2-3-4）。本区由于受到北东向和北西西向两组断裂的强烈作用构成了近东西向的次一级菱形断块带。这些断块带与大地构造轮廓相一致，为构造分区提供了重要的依据。

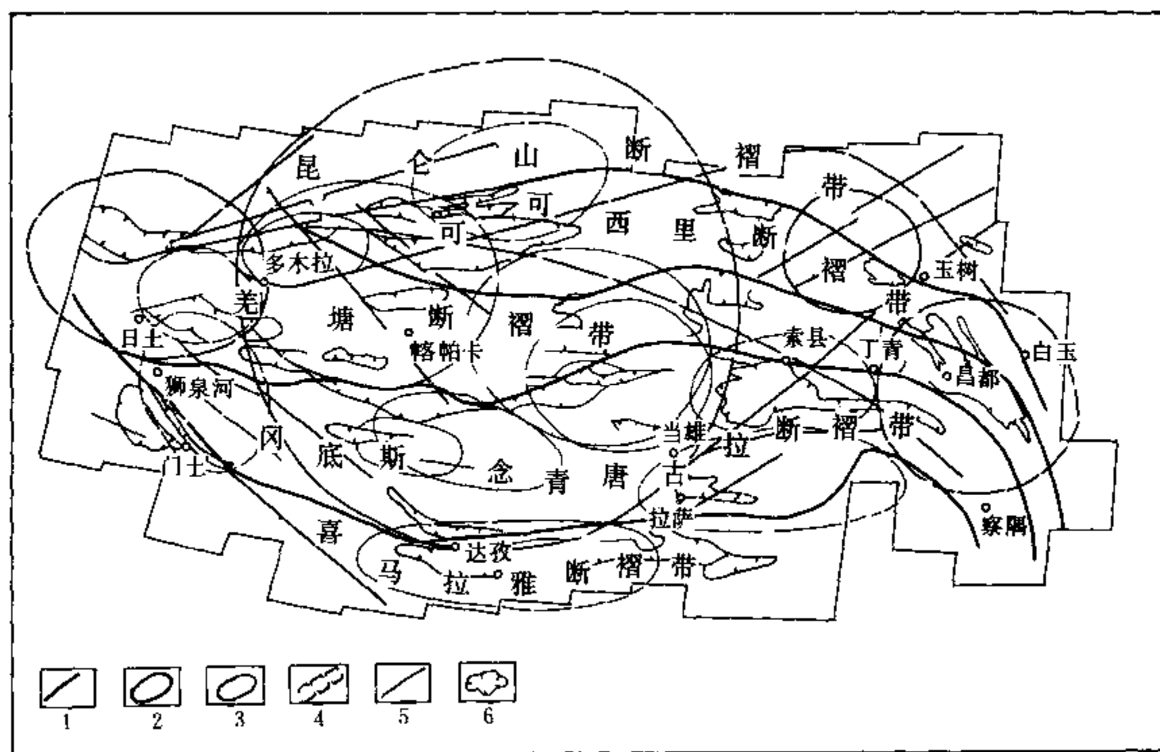


图2-3-1　西藏高原宏观构造特征及构造分区图（据石油工业部石油勘探开发研究院遥感研究所）

1—巨型带状构造分区界线；2—巨型环形构造；3—大型环形构造；4—巨型带状构造；5—大型带状构造；6—盆地

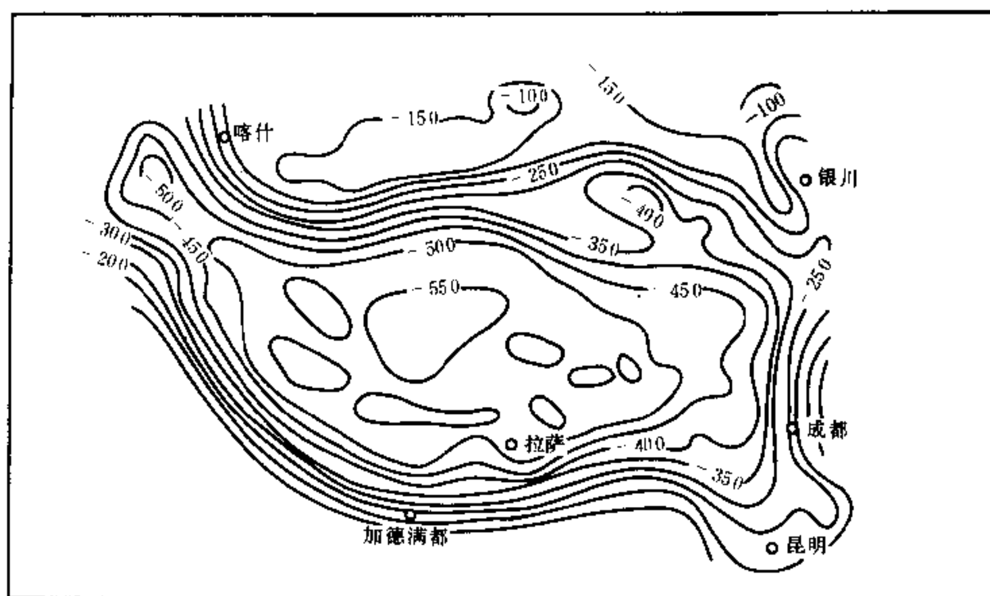


图 2-3-2　西藏高原及邻区布伽重力异常图

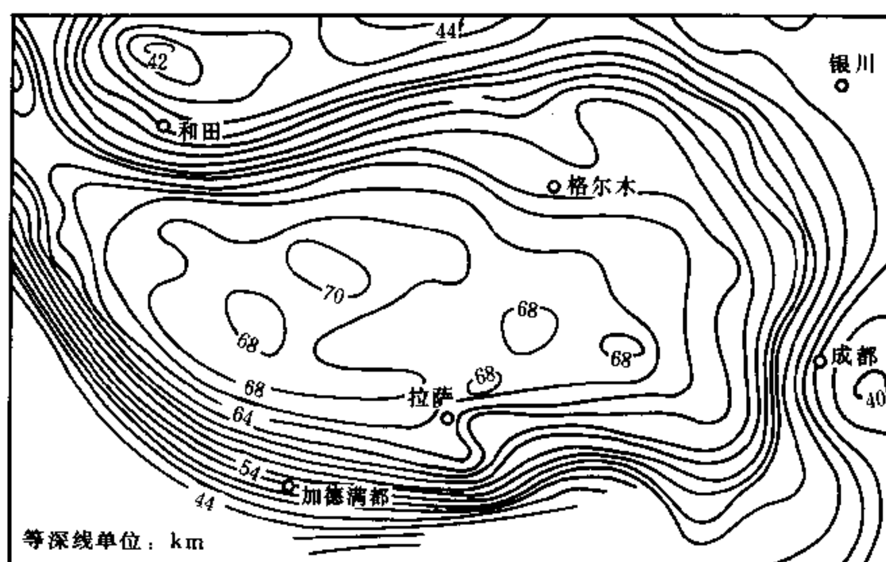


图 2-3-3　青藏高原莫霍面深度略图（据周姚秀等）

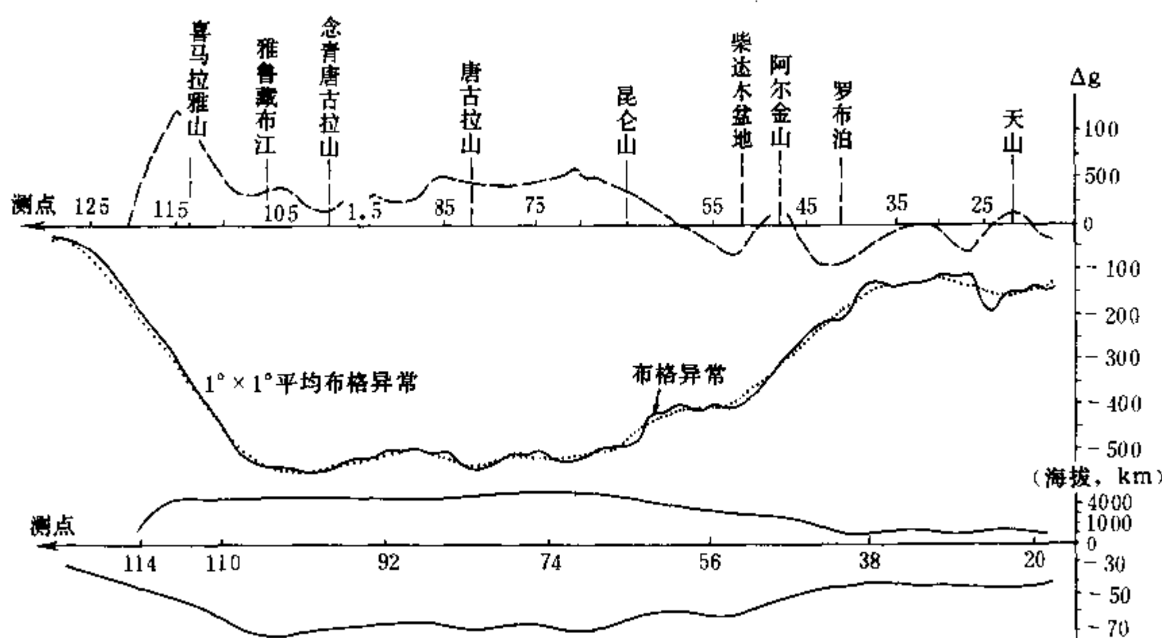


图 2-3-4　天山—喜马拉雅山重力示意剖面图（据周姚秀等）

第一节　构造单元的划分

青藏地区的地质构造的主要特征是：不论是地层（第三纪以前的地层），岩浆活动和巨大的断裂带、褶皱构造等的延伸方向，除局部地区有近北东向和北西方向外，主体部分是以东西向带状延伸为特征，这在卫星照片镶嵌图上有生动的表现，其轮廓反映在相应的解释图上，并且自北而南时代有逐步变新的趋势。根据沉积建造、巨型断裂带及其在空间上的展布并结合遥感反映的现象，可将青藏高原自北而南划分为五个构造带，自北而南依次是：

一、昆仑华力西断褶带（Ⅱ）（祁连加里东断褶带（Ⅰ）未列入）

二、可可西里—巴颜喀拉断褶带（Ⅲ）

三、羌塘—唐古拉断褶带（Ⅳ）

四、冈底斯—念青唐古拉断褶带（Ⅴ）

五、喜马拉雅断褶带（Ⅵ）

各构造带在岩性、古生物、岩浆岩及变质作用，构造演化等方面都有明显的不同，褶皱及断裂构造也各具特色。

一、昆仑华力西（海西）断褶带（图 2-3-5）

昆仑华力西断褶带是青藏高原最北的一个构造单元，指松西（龙门错）—羊湖—玉树带状构造以北昆北断裂以南的构造带，大部属青海南部，是华力西自西而东褶皱隆起的产物。刘增乾等人认为昆仑褶皱带可能是塔里木—柴达木地块南缘古生代凹陷带发展而成，具有多旋回的特点。主体由前古生界、部分古生界（发育不全）和部分中生界组成，晚古生代时，本区成为浅海陆棚区，不整合于下古生界之上；中、晚泥盆世到三叠纪浅海相地层成为本带的盖层。侏罗—白垩系出露不全，基本上为陆相沉积。分布在东部地区的中生界，夹有中基

性火山岩。最近在西大滩发现海相白垩系与下伏地层呈角度不整合接触。由于中生代以前地层已遭受区域变质作用，在本带已失去找油的意义。在其上的中、新生代陆棚沉积，厚度可达 5000 米以上，是一套有远景的目的层。

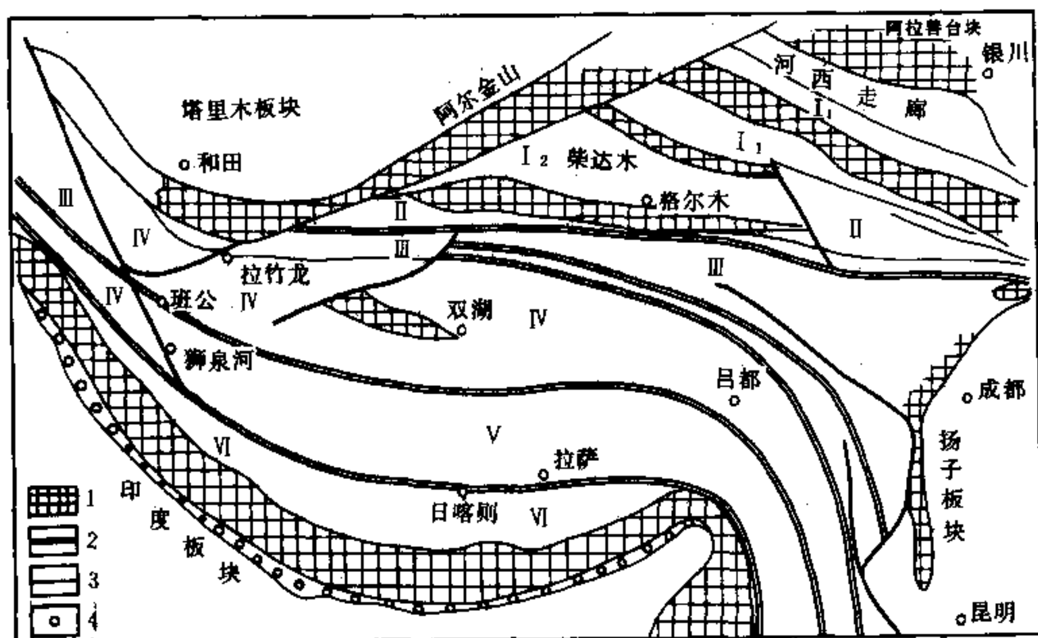


图 2-3-5 青藏高原大地构造分区图（据刘增乾等）

1—前寒武纪结晶基底；2—板块缝合线；3—构造分界线；4—城市

Ⅱ—昆仑华力西断褶带（祁连断褶带Ⅰ）；Ⅲ—可可西里—巴颜喀拉断褶带；

Ⅳ—羌塘-唐古拉断褶带；Ⅴ—冈底斯-念青唐古拉断褶带；Ⅵ—喜马拉雅断褶带

二、可可西里—巴颜喀拉断褶带

本带南界是龙木错—马尔盖茶卡—金沙江一带，属印支晚期褶皱的产物。基底由零星出露的前寒武系变质岩和下古生界沉积物组成。盖层是中、上泥盆统和下二叠统的浅海陆棚沉积。本带大面积出露的都是三叠系地槽型沉积，多数地区，缺失侏罗系、白垩系。本区以理塘—歇武断裂为界，分为东部松潘—雅江断块带和西部义敦—中甸断块带。从卫星图像上来看，可可西里褶皱带同羌塘地块之间存在拉顺—马尔盖茶卡一丁青（北）带状影像，北部色调较深，并有块状（西部）与带状影像并存的特点。本区带状影像除少量为中上侏罗统反映外，绝大部分是三叠系的反映。三叠系沉积厚度约为 12000 米，最大厚度超过 2 万米。东部主要以冒地槽型的黑色复理石沉积为主，下部为泥灰岩，鲕状岩及砂、泥岩。上部为巨厚的砂岩与黑色页岩和板岩。西部下三叠统颗粒状灰岩与条带状板岩互层，厚 600 余米。上统为板岩、千枚岩、砂岩、结晶灰岩，局部夹煤线，厚度超过一万米，与古生界一起属于中等变质岩，已失去油气勘探的意义。燕山运动之后，在本带形成了几个东西向的断陷盆地，第三系厚达 5000～7000 米，在可可西里盆地的多洛金构造见到油气显示，如与下伏三叠系的构造、生储油组合连系起来看，则有较好的含油远景。

三、羌塘—唐古拉断褶带

本带南界为班公—丁青—怒江断裂带，可划分为东西两部分。东部是唐古拉—三江断褶

带，西部是羌塘—喀拉昆仑断褶带，其间以西雅尔岗以东为界。从卫星照片宏观上分析，本区包含着一系列中型块状影象结构，这些显然是深部块状构造的反映。它们的特点是：结构形状相仿，均略显长圆形，长轴近东西，块状结构之间相切或相叠置，总的是几乎在同一纬度上的串珠状构造。推测这是冈瓦纳古陆在中生代早期分裂的若干微型陆块又重新聚合的反映。

唐古拉—三江断褶带出露最老的地层为前奥陶系之变质岩，下古生界仅见中、上奥陶统，缺失志留系及下泥盆统，上古生界为稳定的海相碳酸盐沉积。三叠系为砂质岩组成的复理石沉积，晚二叠世及晚三叠世均为浅海及海、陆交互相的含煤建造。侏罗系以海、陆交替相沉积为主，含煤及石膏，富含有机质。本区从二叠纪以后运动频繁，在二叠、三叠、侏罗、白垩及第三纪之间均存在不整合。古生代古生物群同杨子区相似，晚三叠世的古植物群仍为华夏型，侏罗系以后的古生物群则为特提斯型。

羌塘—喀拉昆仑断褶带出露最古老地层为前寒武系变质岩。上覆的寒武、奥陶系厚8200～16000米。志留系厚约1480～2250米，下古生界总厚达2万米以上，属浅海陆棚沉积物。从沉积特征上分析，自泥盆纪到白垩纪，羌塘—喀拉昆仑断褶带具有明显的地台型沉积，除古生代古生物群为过渡类型，中生代以来，其古生物特征属特提斯类型无疑。羌塘地区出露的最老的地层是前泥盆纪浅至中等变质岩，石炭、二叠及三叠系发育完整，基本上为连续的海、陆交互相的台地型沉积，其中，中下三叠统砂、泥岩内含有较丰富的有机质，应有一定生油能力，厚约8500米。缺失下侏罗统，中上侏罗统雁石坪群最发育，分布也广，为浅海相砂岩、泥岩和生物灰岩互层，总厚约3700～5000米，在马尔果茶卡一带夹有沥青质页岩和含沥青生物灰岩，并见到了稠油，为本区最有希望的生油岩系之一。白垩系、第三系分布局限，以红色磨拉石建造为主，不整合于中、上侏罗统之上，厚度一般在2000～4000米左右。在少数的断陷盆地中，发育较厚的第三系沉积，可形成第三系的生、储油组合。

四、冈底斯—念青唐古拉断褶带

南界为雅鲁藏布江断裂带，该断裂带在图象上为深色带状，东西延长达一千多公里。该带因有大量基性、超基性岩分布，故图象呈暗色。从宏观上看，本区也存在几个由长圆形影像结构所反映的深部地质块体，它与北部的羌多断块带呈嵌状相接，而南部明显地受雅鲁藏布断裂的控制。从巨型地质块体分析，雅鲁藏布断裂可能是一个巨大的地质分界线，因该分界线有大量基性岩侵入，其北又有大量基性及中基性喷发岩的存在是提供了这方面的根据。

本区基底为前寒武系的念青唐古拉群（12.5亿年）变质岩组成，组成唐古拉复背斜带的主体，可见厚度大于3000米。上面覆盖有中奥陶统至二叠系地台型稳定陆棚沉积盖层。以石灰岩、砂岩及页岩为主，总厚4000余米，西藏东部已轻微变质。中生界在当雄以东比如一带比较发育，但三叠系、侏罗系都已变质。白垩系为一套海相、海陆交替相碎屑岩，碳酸盐岩及中酸性火山岩，局部地区夹煤层、油页岩，总厚可达4000多米，是本区有希望的生油岩系。第三系为陆相碎屑岩和中酸性火山岩，缺乏生油条件，与下伏地层为不整合接触。本区的基本构造格架，形成于燕山晚期。据刘增乾等研究，本区自北而南可划为三个次一级构造带。

1.川巴—比如陆缘盆地带

本带是中生代的强烈坳陷区，以巨厚的中、新生代沉积组成为复合盆地，三叠系发育完整，以浅海至次深海相碎屑岩复理石沉积为主，上统具底砾岩夹碳酸盐岩，在比如一带厚

9000 余米。侏罗系与三叠系及下白垩统可能为连续沉积，以浅海碎屑岩复理石为主，夹碳酸盐岩及火山岩，厚达 7000 余米，特别是西区，海相白垩系占绝对优势。白垩系以碳酸盐岩和碎屑岩建造为主，生物化石丰富，分选较好，显然属稳定环境下的沉积物。在本带西部几乎全为白垩系，向东至改则一带有少量侏罗系出露，念青唐古拉以东有零星的三叠系，而且大部侏罗系、白垩系已变质。另外，本带尚有第三系红色陆相盆地叠置在侏罗、白垩系盆地之上，早期较粗，晚期主要为灰黑、灰绿色海相砂、页岩。这个带至今仍保留着地形上的低洼形态，成为现今内陆湖的主要分布区。

2.措勤—念青唐古拉构造带

以措勤、申扎及念青唐古拉山为中心，前寒武系变质岩（12.5 亿年）为奥陶系不整合覆盖（陈炳蔚，1981）。古生界在申扎一带较全，志留至泥盆系为稳定浅海相碎屑岩、碳酸盐岩组合。石炭-二叠系有大面积分布，厚几百米至 6000 米。缺失上二叠统和侏罗系，三叠系分布零星。古生界直接被含火山岩的白垩—第三系碎屑岩不整合。

3.冈的斯陆缘火山岩浆弧带

以广泛的上白垩统至始新统火山岩及花岗岩类的大面积分布为特征。晚白垩世至第三纪为中—酸性火山岩、火山碎屑为主，构成陆相火山弧的主体，晚第三纪陆相盆地迭置在上述盆地之上属内陆盆地。局部含煤，属岩浆弧的晚期建造。本带构造总体为一复背斜构造，以北、中、南三带之间的断裂为主干，具向南逆冲高角度性质，其间被北东及北西向剪切断裂所分割。北东向断裂以当雄—羊八井断裂为代表，北西向以塔尔库什干断裂为代表。在褶皱方面，倾角较陡的构造窗以不同的规模出露在中生代平缓褶皱之中（图 2-3-6）。

五、喜马拉雅断褶带

本带南界是印度恒河平原的北缘，北界为雅鲁藏布断裂带。代表着印度板块的北部陆缘带：基底的主体由 18.3 亿年到 6.4 亿年的前寒武系聂拉木群变质岩组成，厚度大于 2 万

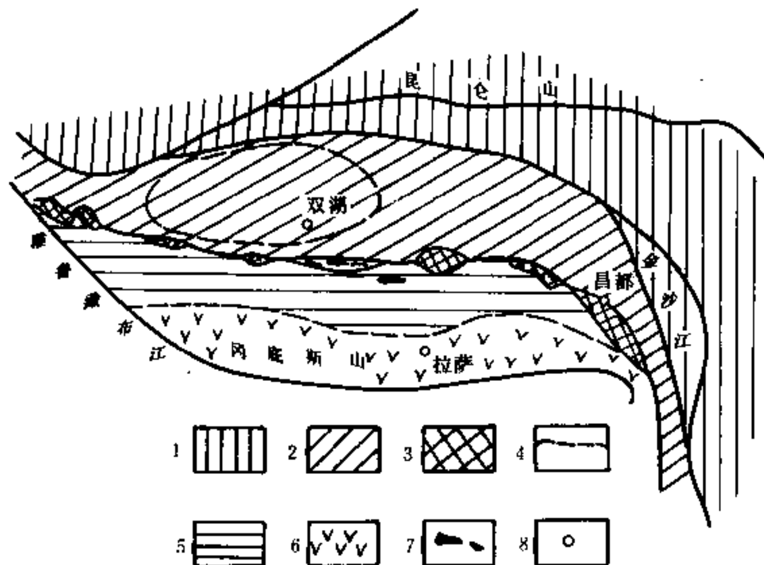


图 2-3-6　冈底斯断褶带附近构造分区图（据陈炳蔚）

1—三叠纪前古大陆；2—大陆边缘冒地槽带（虚线内为微古陆）；

3—大陆前缘隆起断块；4—微古陆界线；

5—主缝合线前缘坳陷带；6—冈底斯岛弧带；7—蛇纹岩；8—地名

米。由寒武系至第三系的稳定性陆缘连续沉积覆盖其上，其中石炭—二叠系中发育有冈瓦纳相地层（冰水沉积或冰积岩）和冷水型珊瑚、腕足类和舌羊齿植物群。古生界已轻微变质，厚约4000米以上。

本区有广泛分布的中生界，因中生代晚期构造活动十分强烈，故其岩性、岩相变化都非常大，如北部中生界黑色砂、页岩复理式建造，厚度可达2万米。中、新生代的地层南北明显分异，以吉隆—岗巴断裂为界，南为高喜马拉雅褶皱带，北为北喜马拉雅褶皱带，南部三叠系以石灰岩为主，向上碎屑岩增多。侏罗系、白垩系以碎屑岩为主夹石灰岩，中生界总厚度可达8000余米，为一套冒地槽沉积。第三纪古新世—始新世时仍为浅海碳酸盐沉积，至上第三系，才转入陆相沉积，形成一套含煤建造，不整合于始新统之上。在高喜马拉雅褶皱带以南为南喜马拉雅推覆构造带，特点是由一系列逆掩断层使得喜马拉雅基底变质岩逆冲到古生代之上，形成了向北倾斜的复式褶皱及飞来峰构造。推掩构造带以南是锡瓦里克山前坳陷，沉积了厚达几千米的第三系锡瓦里克磨拉石建造。这种地质构造上的巨大变化，对油气地质条件带来十分复杂的影响（图2-3-7）。

综合上述各构造带的地质特点，可以得出以下几点认识：

1）各断褶带在其形成的时期上，自北而南由老变新，是一个大陆增生过程。如昆仑山褶皱带的海西期、可可西里—巴颜喀拉褶皱带的印支期、羌塘—唐古拉褶皱带的早燕山期、冈底斯—念青唐古拉褶皱带的晚燕山期及喜马拉雅褶皱带的喜山期。

2）海相沉积层位自北而南依次变新，即昆仑褶皱带的二叠系、可可西里—巴颜喀拉断褶带的三叠系、羌塘—唐古拉断褶带的侏罗系，冈底斯—念青唐古拉断褶带的白垩系及喜马拉雅断褶带的第三系。

3）本区地层的变质程度同挤压、断裂活动、岩浆活动密切相关。南北两个构造带及三江地区由于强烈的挤压，加之各次造山期活动的影响，均表现不同程度的变质。羌塘及其两侧地区和褶皱带中相对稳定地区如昌都—芒康断块，为外大断裂带附近的第三系断陷盆地等褶皱强度较小，岩浆活动较弱，这是油气形成和保存条件较为有利地区。

第二节 断　裂

青藏高原主要断裂的划分以区域大地构造为背景，结合断裂形成时期及相互关系，并同构造单元划分相对应。在力学性质上有压性、剪性及压剪性。张性及张剪性断裂一般规模要小一些。

主边界断裂带是指分隔断块隆起区和断陷区一级构造单元之间的深大断裂，这些断裂常常是地质历史上长期发育，走向多为东西、北西和北东为主，多属巨型的逆掩断裂或走向滑动（以下简称"走滑"）断裂，它延伸长度大，常常是不同构造单元的分界线。另外，在青藏高原内部还存在着自古生代以来的几条板块缝合带类型的巨型断裂带和一些长期活动对沉积建造有控制作用的断裂。

一、主边界断裂带（图2-3-8）

1.西瓦里克断裂带

为青藏高原断块隆起区南缘同印度恒河平原断陷区的边界断裂带，其走向近东西并向南呈弧形突出，延长达3000多公里，属挤压断裂带。断裂带是由一系列向北倾斜、倾角平缓的逆掩断裂带所组成（常承法，1982）。在断裂带南侧形成了东西向的恒河断陷区，堆积

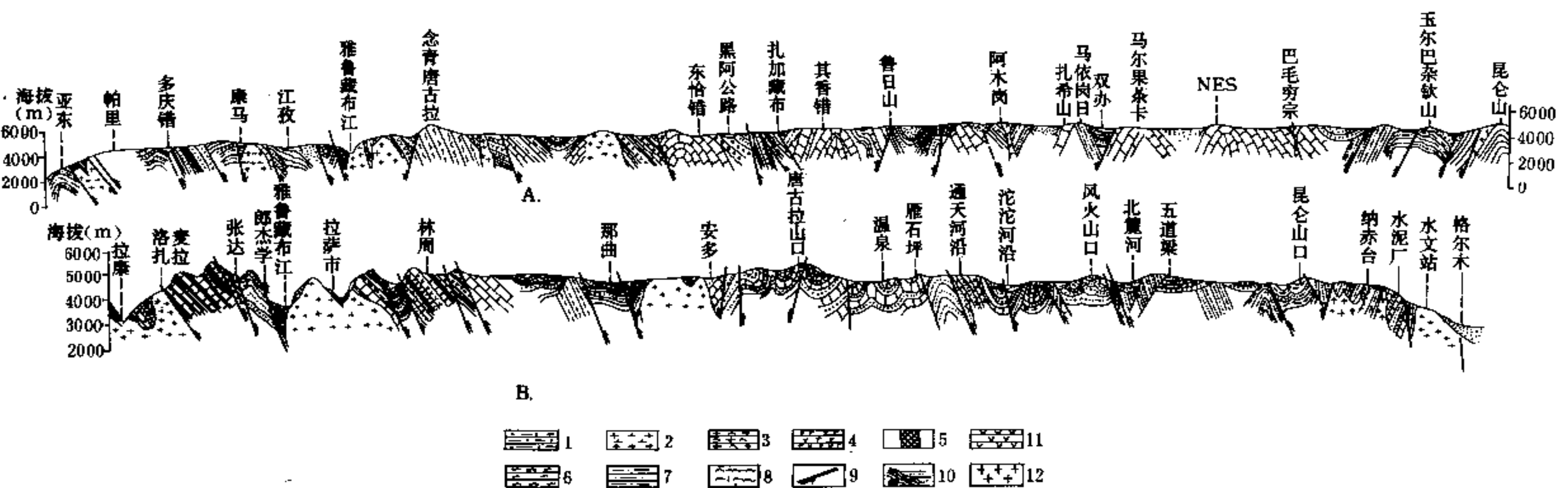


图 2-3-7 昆仑山—亚东地质剖面图（A） 格尔木—拉康地质剖面图（B）

1—片岩；2—花岗闪长岩；3—花岗片麻岩；4—玄武岩；
5—超基性岩；6—混合岩；7—千枚岩板岩；8—片麻岩；
9—断层；10—不整合；11—喷发岩；12—花岗岩

了北缘块断区在强烈隆升过程中形成的巨厚的磨拉石沉积，时代为早更新世，这些沉积物已受到褶皱作用。

2.祁连边界断裂带

位于青藏高原块断隆起区的北侧（本文所指的北侧是昆北深断裂），断裂带走向北西，延伸长约700公里，以压性和压扭性断裂活动为其主要特征。它是北祁连山加里东裂谷带的北部边界，在中生代到早第三纪北侧发生断裂的基础上，在中新世以后转化为祁连山北缘的逆冲断裂带。断裂带向北东逆冲于白垩系及第三系砂、泥岩之上，断层面呈上陡、下缓向深部呈收敛的楔形叠瓦状，表明祁连山与河西走廊之间的推覆活动在更新世末才基本定型。

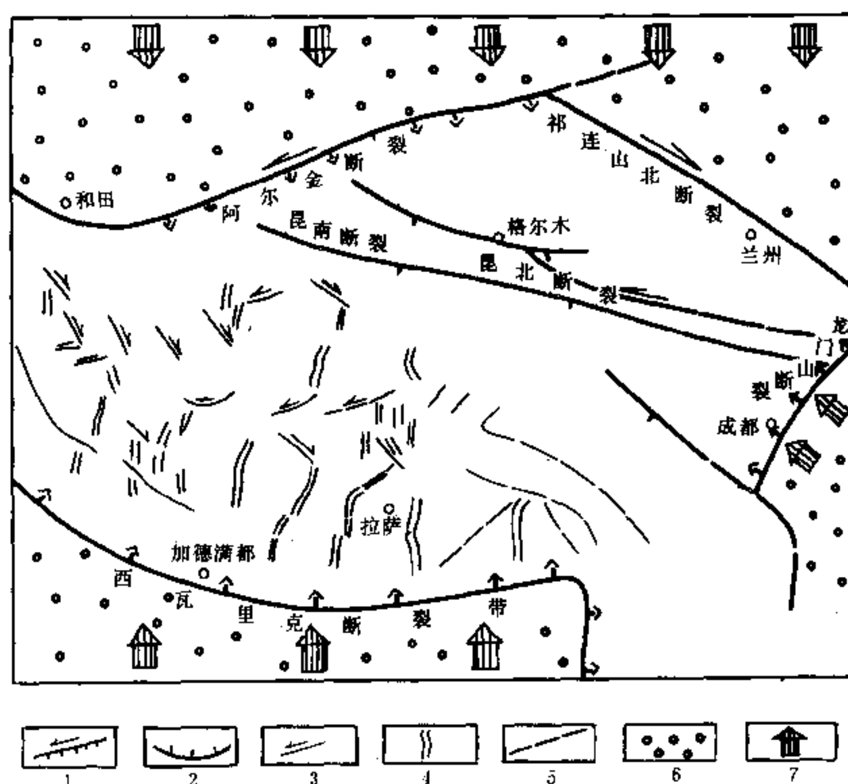


图 2-3-8　青藏高原应力分布及主边界断裂图（据韩同林）

1—走向滑动为主断裂；2—逆冲为主的断裂；3—走向滑动为主活动断裂；4—张性断层为主；5—推测断裂；6—断陷区；7—区域应力方向

3.阿尔金边界断裂带

位于塔里木地块与柴达木地块之间，走向北东，向西南逐渐转为近东西展布，倾向南东。向东过安南坝后截切祁连加里东褶皱带，全长约1500公里。阿尔金断裂是我国内陆最大的走滑型活动断裂之一，具左旋性质。阿尔金山的主体是由中、上元古界变质岩组成的基底断块，在侏罗一白垩纪的断块隆起过程中，发育了一系列断陷盆地，现今所存的几百公里的侏罗一白垩系陆相碎屑岩呈狭长的带状分布，厚度近千米，是张性盆地内的产物，已经受到挤压褶皱和冲断。从白垩纪晚期至新生代才发育了规模巨大的主中央走滑断层带。走滑断裂带在断裂带南侧的左旋应变方式从其两侧出现众多的拖曳构造可以确定。断裂带东北段玉门以西，疏勒河道通过断层处，河道被错断达4公里多。

4.龙门山边界断裂带

为青藏高原隆起的东部边界，断裂带走向北东，倾向北西，总长约800公里。属逆冲或逆掩断裂，具左旋性质。据强祖基等研究，其平均滑动速率为0.4厘米／年，靠近断裂带北东一侧，有一系列强震震中分布，构成我国南北向地震带的一部分。说明龙门边界断裂带近期活动也是强烈的。沿断裂带走向冲断层分支复合现象十分普遍，宽约1～5公里。青藏高原东部边缘一系列巨型的推覆体和飞来峰成群、带展布在中央断裂与主边界断裂之间，主中央断裂带是这些推覆构造带的根部带，而前缘带则为一系列连续的同斜倒转褶皱和逆冲断层为特征（图2-3-9）。

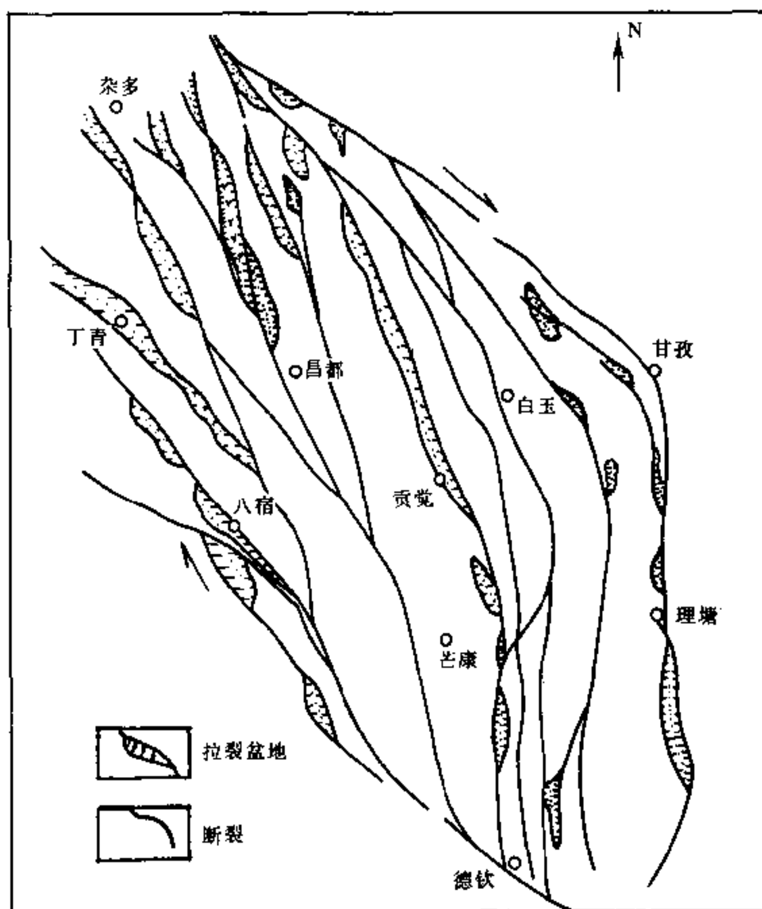


图2-3-9　早第三纪横断山脉右旋走滑断裂
及拉裂盆地（据陈炳蔚）

据刘增乾、郑海翔等分析，青藏高原周边断裂带具有以下特点：

1）高原主边界断裂带是平均海拔4000～4500米以上的高原与断陷盆地的分界线。

2）主边界断裂带不是一条大断裂，而是包括若干断裂的挤压逆掩推覆带，其延伸多在500公里以上，其宽度可达几十公里。边界断裂的断面均倾向高原区，明显地反映出高原柔性块体向周边刚性地块超压、扩展的趋势。

3）前震旦系基底及其上覆盖的显生宙沉积盖层组成推覆断裂系垂直位移可达10～20公里。在高原东部和喜马拉雅南缘可见一系列推覆体及滑覆体，主中央断裂带是推覆体的根部带。

4）在主中央断裂带上覆冲断岩席的基底和盖层间，以及盖层的内部层间，可见与逆冲方向相反的正断层。

5）沿高原边界断裂靠断陷的边缘，沉积了巨厚的上新世晚期和早更新世的磨拉石建造，说明周边断裂在早更新世仍在强烈活动。

从力学性质来看，韩同林等认为：西瓦里克断裂带，属于压性的逆掩或逆冲断层，阿尔金断裂带和龙门山断裂带具有"左旋走滑"的性质为主，北西走向的北祁连山边界断裂带，则有所例外，此断裂在青藏高原形成的历史进程中，绝大部分时期表现为以"右旋走滑"的性质为主或压扭性为主。从巨厚的磨拉石沉积的形成时间来分析，主要属第四纪初期，说明这些主断界断裂带同样是在统一的应力场中产生和发展起来的。从主边界断裂的应力场分析，其形成的最大主压应力方向为近南北向，最大引张方向为近东西、北东和北西方向为共轭剪切面，因此主边界断裂和边界断裂都是属于同一应力场中产生的不同规模、不同力学性质的构造反映。

二、青藏高原内几条主干断裂

青藏高原内保存着自古生代以来的几条巨大的主干断裂带，其中有些就是板块缝合线带对青藏高原的演化起着一定的控制作用，将高原划分成几个不同的构造单元，自北而南是：

（1）昆仑南缘深断裂带　是昆仑中间隆起带与昆仑山南缘裂谷带的分界线，一般称中央主脊深断裂，向东延至共和盆地。沿断裂见到超基性岩，重力上具有明显的梯度变化带，两侧深部结构和重力异常形式明显不同，它的北侧局部有海西期花岗岩侵入。向西过阿尔金断裂继续向西延伸，沿断裂带破碎明显，并出现海西期超基性岩及喜山期碱性火山岩。肖序常、高延林认为是柴达木与巴颜喀拉褶皱带（华南—东南亚板块）之间的一条海西期的缝合带（图 2-3-10）。

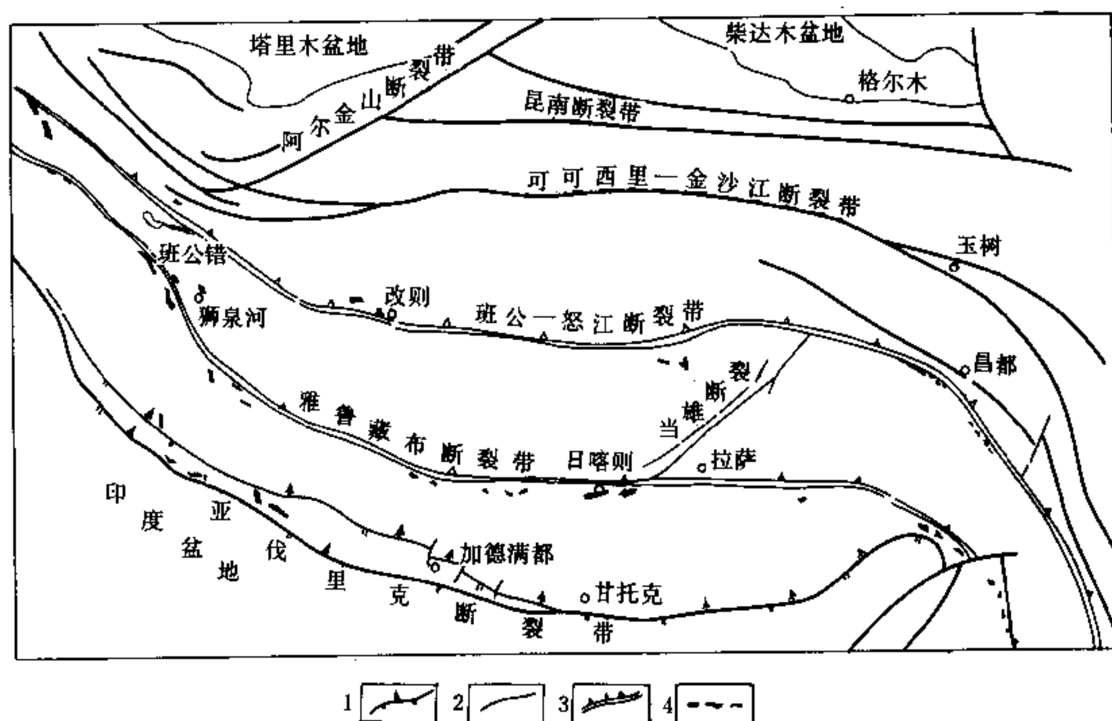


图 2-3-10　青藏地区主干断裂分布图(据王希斌等修改)

1—逆冲断裂；2—深断裂；3—中生代板块缝合线；4—蛇绿岩

(2) 金沙江断裂带　此带西北段在青海境内通天河以西向东转人可可西里地区，东南进入云南省德钦以南，长达 1000 公里以上。断裂东侧为地槽型沉积，而两侧同一时代地层古生物面貌特征不同。沿金沙江西侧有一超基性岩带，岩体虽小但成带分布，并伴有中酸性岩带。断裂为一系列大规模的高角度逆冲断裂系，断层走向由西段的北西向东转为南北方向，这在地球物理资料上也得到证实，这些断裂是滇东、滇西两重力梯度带的分界线。

在金沙江断裂带之南有一平行的分支断裂，经西藏木塔云南维西，一般称澜沧江断裂。断裂带西侧已发现有超基性岩体，断裂带宽约十几公里，带内北北西向断裂成组出现，由一系列高角度逆冲断层组成。沿断裂带是一个强地震活动区。

(3) 班公—怒江断裂带　由阿里地区的班公湖经东巧、丁青以南沿怒江向南，总体呈北西西向弧形展布，为一巨型的向北倾斜的构造岩带，长约 2000 公里。断裂两侧地层差别较大，如丁青、八宿一带两侧上古生界和二叠系从沉积建造和古生物群均具有不同特点（陈炳蔚），有一系列由北东向南西逆冲的断层，断层带中可见宽 50 米以上的强烈糜棱岩岩化现象。沿断裂带分布有一系列蛇绿岩套，其方向同断裂走向相一致。断裂北侧是唐古拉褶皱带，属印支期，南侧为冈底斯—念青唐古拉褶皱带，属燕山期。在区域地球物理资料上，如布伽重力异常呈线状分布，遥感、航磁资料也反映断陷盆地同区域构造线相一致，呈正东西向带状分布，如大断裂南侧的伦坡拉盆地等。这个带的构造形变强烈，形成一系列复杂的褶皱，沿本带两侧断裂发育，规模巨大，断裂带由北向南逆冲，如伦波拉北面为一巨大的逆冲断裂，断层走向近东西，向北倾斜，倾角 35°～40°，使二叠系覆于白垩系之上，有的白垩系逆冲到第三系之上。

(4) 雅鲁藏布江断裂带　断裂由两条平行走向断裂组成，基本沿雅鲁藏布江延伸，向东转人缅甸境内。断裂带分布长达 1300 公里的蛇绿岩套，而江北主要为中酸性岩带长达 1500 公里，形成近东西展布。断裂以北为晚燕山主旋回的冈底斯—念青唐古拉褶皱带，而断裂带以南的喜马拉雅褶皱带属喜山期。断裂带附近挤压构造明显，中生代地层褶皱紧密，多具有同斜倒转平卧褶皱等。从重力资料分析，这是一条深部构造带，两侧基底埋深差别大，雅鲁藏布江河谷出现变化复杂的磁力异常带，具有显明的板块缝合线特征，多数地质学家认为它是岗瓦纳古陆内部的板块消减带。其闭合期一般认为是在晚白垩世之后中新世之前完成。

5.当雄—羊八井断裂带

断裂呈北东走向，由北东东及北东向两组断裂组成，长约 300 公里。东北段以圆滑、宽缓的线性异常反映出来，断裂两侧构造单元的稳定性有明显差异。中生代以来，构造活动性较大，表现在岩浆活动强烈，构造复杂，构造运动频繁等。沿断裂有一系列断陷盆地，如羊8 井、当雄盆地等，呈北东向线状排列。沿断裂有一系列地震活动和温泉群分布。

从上述青藏高原内部几条主干断裂带的分布和其地质特点，郑海翔等有以下一些认识：

1）高原内主要断裂带大部是划分各构造单元的界限，其中一些具有板块缝合线性质。这些断裂带由 2 条至 5 条以上平行断裂组成，并同所在构造单元或相邻构造单元的构造活动有关。由于这些断裂可明显地区分了沉积建造、岩浆活动和变质作用，因此分析其形成时间可能稍早于所在构造单元的发展期。

2）断裂延伸长，活动时间长，有蛇绿岩套分布，特别是作为一级构造单元界线的断裂带如昆仑南断裂、金沙江断裂、阿尔金断裂等，其特征是沿断裂带的多次岩浆活动、变质作用与构造变形，甚至改变了原作为板块缝合线界线的面貌。

3）断面均向高原内部倾斜，北缘断裂带以逆冲及剪切断裂为主，倾角较陡，南缘以推

覆为主，水平断距较大。沿主要断裂带出现了一系列温泉及火山活动，说明现代仍在活动，也说明大部深断裂受到了新生代运动的影响。

第三节 构造演化

青藏高原地质发展和构造演化有明显的分区性和阶段性，与周边各邻区的地质发展有密切关系，总的趋势是北方古陆不断向南增生的演化过程。

根据上述资料，青藏高原可分为5个一级断褶带，其中又可以进一步划分十几个二级构造单元。以喜马拉雅主边界断裂（MBT）以南地段属印度板块；以冈底斯—念青唐古拉断褶带向西可同土耳其—中伊朗板块相连；羌塘—唐古拉断褶带一直处于相对稳定的地台型沉积；巴颜喀拉断褶带为印支期华南板块的西段；昆仑断褶带则为海西期形成向东可延至秦岭，组成了柴达木盆地的基底。这五个断褶带（或微板块）分别由四条缝合线相联接，这四条缝合线自南而北是：雅鲁藏布江缝合线；班公—怒江缝合线；金沙江缝合线和东昆仑—南秦岭缝合线。北祁连缝合线虽属青藏高原北界，但在本志叙述之外，故从略。这代表了青藏高原及邻区构造演化中两个重要构造域的演变过程。即早古生代晚期封闭了的古特提斯大洋，通过这两个大洋的发生和发展、结束，形成了青藏高原区的两大构造域，即秦祁昆构造域和特提斯构造域。其中秦祁昆构造域包括北祁连—北秦岭缝合线和东昆仑缝合线（早古生代），而班公—怒江缝合带和雅鲁藏布江缝合带则是特提斯构造域中、新生代缝合线。可可西里—金沙江缝合线于晚古生代时为北部的欧亚板块和南部冈瓦纳古陆的分界，于三叠纪晚期褶皱回返，成为巴颜喀拉断褶带的南界。因此，目前青藏高原的构造格局是代表着青藏高原区域各时代板块演化的综合反映，在各地质历史阶段中，其规模和活动特征并不相同。所以在分析划分上述断褶带（或微板块）时，除考虑空间分布范围外，还应研究其形成及演化的过程和边界。

根据西藏地区及青藏高原的沉积建造、岩浆活动、构造变化和它们的时空演化阶段，据刘增乾等意见，可将西藏及青藏高原的构造演化划分以下几个阶段：

一、前晋宁阶段；

二、晋宁阶段；

三、兴凯至加里东阶段；

四、华力西（海西）阶段；

五、印支—燕山阶段；

六、喜山阶段

一、前晋宁阶段

青藏高原的地质发展可追溯到前晋宁阶段，时限为2590～1700百万年，时代为晚太古代到下元古代。阿尔金山及昆仑山的太古代是依据层位关系及变质程度确定的，而在高原东侧出露的太古界—下元古界康定群和大红山群，用铀铅法测定的同位素年龄为2062～2450百万年（贺节明等）。在喜马拉雅山区以南的印度比哈尔一带的太古界由多种片岩、片麻岩组成，花岗岩同位素年龄为3200百万年，为下元古代浅变质碎屑岩夹基性火山岩不整合所覆盖。经长期间断后，这套下元古界又被时限为1600～1700百万年的丹乔里里组砂砾岩所覆盖。在喜马拉雅山区经过近年的工作，尚未发现老于2018百万年的地层（郭铁鹰等，1985）。

根据上述青藏高原东缘和印度地盾出现的太古代及下元古代结晶岩系，在冈底斯有12.5亿年结晶基岩的情况，推测西藏高原的南部羌塘地块及东部应有古老结晶岩系存在，在喜山区元古界聂拉木群之下也应有太古代至下元古代结晶基岩存在。

二、晋宁阶段

在青藏高原范围内有较多的上元古界的长城纪至青白口纪为不同层位的震旦系不整合所覆盖。晋宁阶段的上限为850百万年左右。龙门山一带分布的中、上元古界碧口群上部Rb—Sr年龄为1250百万年（成都地质学院试验中心，1988）。在喜马拉雅—冈底斯地区出露的中、上元古界以具复理石特征的碎屑岩为主，应属印度的边缘海域。在昆仑山以北海域根据岩石组合、古孢子及叠层石发育情况，向西可与塔里木海域相连，向东与北秦岭及华北海域相连，向南与龙门山海槽、扬子海域和巴颜喀拉陆缘海相通。

晚元古代晚期的晋宁运动使青藏北部及东部及相邻的海域发生同步褶皱隆起，形成统一的古中国大陆（任纪舜，1980）。中晚元古代的大地构造活动有以下几方面特点：

1）昆仑、塔里木南缘为平静的陆棚区，沉积了较厚的碳酸盐岩，藻类大量出现。深海槽区普遍出现大规模火山活动，中晚期为巨厚的深海—次深海复理石沉积，后期有中酸性火成岩侵入，并有区域变质作用。

2）沉积建造中出现砾岩、粗砂岩或沉积间断，说明在广阔的海域附近存在古陆块或水下隆起，并在发展过程中地壳有升降活动。

3）晋宁运动所影响的区域变质作用达到低绿片岩相，与太古至下元古代的麻粒岩相有区别，两期的变质作用说明由强而变弱，晋宁运动后出现的龙门山—锦屏山造山带，由于强烈的挤压，成为扬子古陆西北边缘的晚元古代火山—沉积岩带（周铭魁，1987）。

三、澄江至加里东阶段

这个阶段包括的时代是从震旦纪至志留纪末。从早震旦世开始，青藏高原北部及东部转入稳定发展阶段，形成褶皱基底上第一个盖层。早震旦世早期为滨海相碎屑岩，晚期为细碎屑岩；晚震旦世早期为冰碛层或碎屑岩，晚期为白云质碳酸盐岩，顶部为含磷层。其分布范围，早震旦世时期的青藏北部及东部属陆表海，范围不大，金沙江地区可能是大陆剥蚀区。青藏西南部属于印度板块的喜马拉雅—冈底斯块体，在震旦纪处在与北部及东部相隔较远的海域，未发现上述类型的沉积，仍处在较活动的构造环境。

早震旦世末的澄江运动在青藏东部及北部地区，形成上、下震旦统之间的间断和微角度不整合，在青藏东部底部为砾岩与粗砂岩和元古界直线接触，说明澄江运动具有以上升为主的造陆性质。澄江运动后，构造活动减弱，进入相对稳定的发展新时期。晚震旦世晚期以白云质碳酸盐岩及含磷层沉积遍及青藏东北部，也见于扬子和塔里木地块，说明秦、祁、昆及扬子古陆具有相近的地质条件。下古生界同震旦系有一个明显的沉积间断，一般称之为兴凯运动。

早古生代初期，青藏北部及东部与邻区重新开始分异，同时，秦、祁、昆、可可西里—巴颜喀拉与喜马拉雅—冈底斯三个微板块又开始了不同的发展阶段。

昆仑隆起带，包括东西昆仑中间隆起带，它们的地质发展特点是在晚元古代褶皱隆起成陆，在早古生代大部裸露地表，在低洼处局部下古生代地层沉积，加里东期有少量岩浆岩侵入。

可可西里—巴颜喀拉地带，根据下古生代的沉积特征，说明本带在下古生代应属扬子地块的陆缘海。在金沙江一带泥盆系与下伏古生界呈角度不整合关系，说明在加里东末期曾出

现褶皱活动。依据下古生代古生物群与扬子区相似的现象，说明当时的海域同扬子相通，构造活动微弱，以缓慢地沉降作用为主，具有少量岩浆活动。

羌塘—三江地带，从分散出露的下古生界情况推论，本区西北部及昌都地区都受到加里东运动影响。在西南部仅在班公湖一线见到变质的古生界，可能包括下古生界。从上述情况分析，昌都地块应是中奥陶世开始隆起，其东侧为深海域，其他地区为浅海及次深海。经加里东运动褶皱隆起成为地块。

喜马拉雅—冈底斯地带，下古生界为连续稳定型沉积，仅在西部及东部局部地区有不同程度的缺失，高喜马拉雅地区下古生界地层厚度变化大，属于印度地块的边缘海，海底有较大起伏。

四、华力西（海西）阶段

加里东运动之后，秦、祁、昆大洋基本消失，中朝、塔里木和华南—扬子三个板块拼合为统一的晚古生代中国大陆板块。在青藏北部泥盆系形成以陆相磨拉石到滨、浅海相类复理石碎屑岩为主的沉积，伴随不同程度的火山活动。说明在华力西旋回早期青藏北部地壳仍有升降活动，并有强烈的剥蚀作用，一直到早石炭世构造才趋于平静，开始古特提斯洋的大面积海侵。黄汲清（1987）认为，石炭-二叠纪的海域为古特提斯，中生代的海域为中特提斯，新生代的残留海为新特提斯（图 2–3–11）。

在昆仑山以南的广大海域，从早石炭世大塘阶开始到早二叠世早期出现了两种不同的环境。以北澜沧江断裂为界，东北侧为古特提斯稳定的温暖海域，碳酸盐岩和南方型古生物群发育；而西南侧为过渡型的冷水海域，沉积了较厚的碎屑岩，局部夹“冰碛砾岩”，古生物群以 Earydosma、Caryophyllia 为代表的冈瓦那冰水型。在西北部龙木错一带暖、冷动物群共生，改则附近发现早二叠世温热环境的大羽羊齿植物群与凉寒环境的舌羊齿植物群共生（李

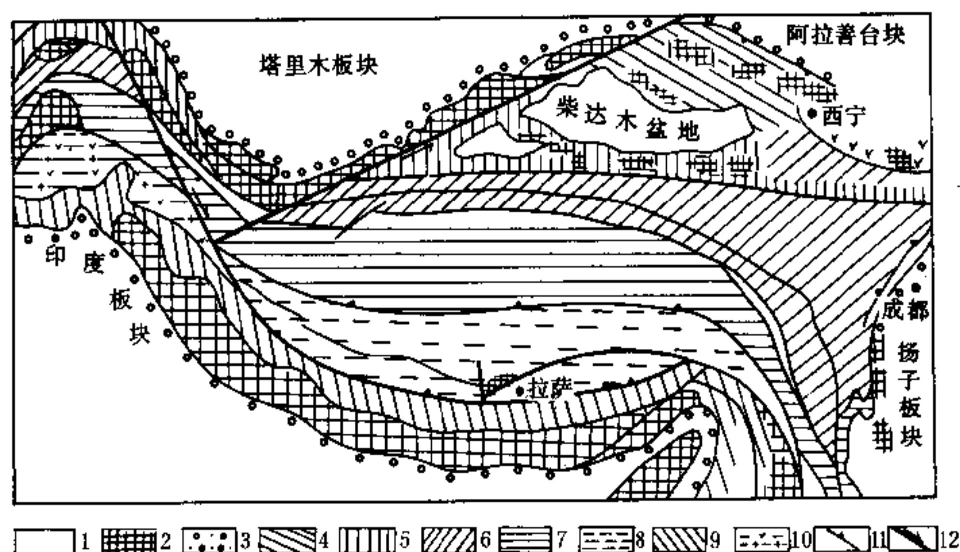


图 2–3–11　青藏高原及邻区构造演化分带图（据刘增乾等）

1—高原外围前寒武地台或地盾；2—前寒武基底隆起区；3—高原周边山前坳陷带；4—祁连加里东褶皱带；5—昆仑海西带及类似区；6—巴颜喀拉印支带及类似区；7—唐古拉早燕山带及类似区；8—冈底斯晚燕山带及类似区；9—喜马拉雅逆掩带；10—火山岩带；11—逆掩断裂带；12—走滑断裂

星学，1984），80年代又在班公湖以北发现与南边石炭系相同的含砾板岩地层（王乃文，1984），这些资料说明属于冈瓦纳大陆的印度板块和西藏高原的喜马拉雅—冈底斯块体（包括羌塘），在华力西早、中期与欧亚大陆比较接近。

华力西晚期二叠纪的地质发展在早、晚期存在明显差别。早二叠世除北部的北祁连、中祁连、及昆仑山中带处于内陆环境外，青藏地区基本属于海域范围。近年来在金沙江一带发现了二叠纪的大洋性蛇绿岩套，含有大洋型放射虫类（王乃文，1984）。叶祥华等用古地磁资料推算，羌塘地块与塔里木地块在晚古生代时，其间存在一个广阔的大洋，就是古特提斯洋；高延林、肖序常则认为大洋的宽度达2000多公里（图2–3–12），并指出中国板块南缘由于不断下沉，特提斯海水由南向北漫侵，海侵区域内形成了统一的特提斯—扬子暖水生物群和交互相、陆相的华夏植物群。

早二叠世晚期，发生大面积的升降运动，古亚洲大洋消减活动结束，中国板块与西伯利亚板块碰撞拼合为一的古欧亚板块。古特提斯大洋开始向欧亚板块俯冲，羌塘地块出现相应的隆起和沉陷，形成二叠系和中下三叠统局部性缺失。其时，冈底斯微板块与冈瓦纳古陆分裂，向北进入特提斯温暖海域，出现海水向北向南的超覆和暖水型生物对冷温生物的替代，因而存在晚二叠世地层中的化石混生现象。

总之，华力西阶段的构造运动，主要表现为广大范围的升降和张裂活动，导致了古特提斯洋从扩张到收缩外，还表现沿主要裂陷带及断裂带内出现规模不同的基性火山岩活动。在早二叠世末，即华力西晚期出现了由南向北或由南西向北东的板块水平挤压活动，使西昆仑、金沙江和古特提斯海域缩小封闭，形成不同性质的构造活动和地壳俯冲，其伴随的变质作用及岩浆活动规模不很大。

五、印支阶段至燕山阶段

(1) 早三叠世初　古特提斯又一次海侵，向北扩展到南祁连、柴达木南缘、冈底斯—念青唐古拉区，喀拉昆仑区大部也被海水淹没。东与上扬子海，东秦岭海槽相通。第二次海侵在晚三叠世，范围略小于第一次。至晚三叠世末古特提斯基本退到班公—怒江和雅鲁藏布江一线。印支运动主要表现在：

1) 可可西里—巴颜喀拉微板块　印支早期的构造运动使阿尼玛卿一线形成东西走向的海槽或海盆，并出现蛇绿岩套及活动型深海沉积。中三叠世晚期洋壳向北俯冲，形成阿尼玛卿消减带。晚三叠世末俯冲停顿，特提斯海水大面积退缩，几乎在可可西里—巴颜喀拉全域内沉积了滨、浅海至海陆交替相含煤系地层。晚三叠世末期，全区褶皱隆起，伴随有中、酸性岩浆侵入，古特提斯结束。

2) 喀拉昆仑—三江微板块　在早、中三叠世继续拉张与沉积，早三叠世晚期开始向西南俯冲，昌都地块向东北仰冲，使昌都地块相对隆起。晚三叠世消减带逐渐褶皱隆起，羌塘—昌都地块相对沉降，外围形成陆表海，沉积了大面积的滨、浅海相碎屑岩，碳酸盐岩地层。班公—怒江海域在早、中三叠世开始沉降，晚三叠世海侵范围扩大，晚三叠世末出现局部褶皱和隆起，海域退缩。

3) 北喜马拉雅—雅鲁藏布江区　是加里东以来的继承海域，从晚二叠世开始扩张，至早三叠世北至冈底斯，南至定日一线，同时继续沉降，喜马拉雅山北缘仍为滨、浅海环境，晚三叠世地壳微有上升，在拉萨出现海、陆交互相的煤系沉积。

总之，对印支运动有以下的一些认识：从早三叠世开始出现全区性的沉降和特提斯的海侵；中三叠世末西秦岭褶皱隆起，阿尼玛卿带俯冲封闭；晚三叠世晚期金沙江一带向北强烈

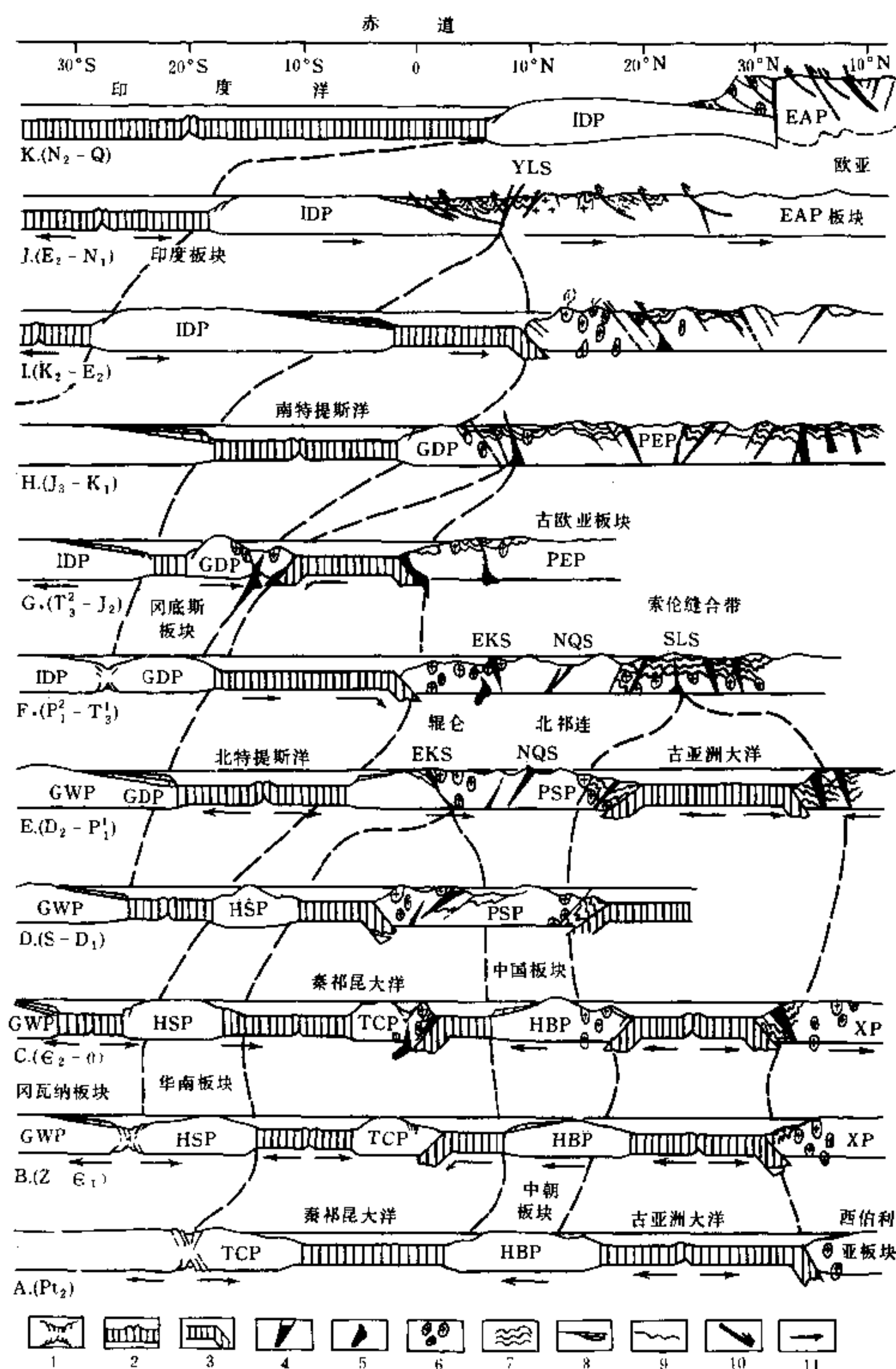


图 2-3-12 青藏高原及邻区板块构造演化图（据肖序常、高延林）

说明：图中北特斯洋相当黄汲清古特斯洋；南特斯洋相当班公-怒江、雅江中特提斯。

1—大陆裂谷（扩张带）；2—大洋裂谷；3—洋壳俯冲带；4—蛇绿岩；5—非洋壳起基性岩；6—陆缘火山岩浆岩带；7—褶皱带；8—稳定性大陆边缘；9—活动性大陆边缘；10—陆壳俯冲带或逆掩带；11—板块运动方向；GWP—冈瓦纳古大陆板块；TCP—塔里木板块；HBP—中朝板块；XP—西伯利亚板块；HSP—华南板块；PSP—中国板块；IDP—印度板块；GDP—冈底斯板块；PEP—古欧亚板块；EAP—欧亚板块；YLS—雅江缝合线；BNS—班公-怒江缝合线；KSS—金沙江缝合线；EKS—东昆仑缝合线；NQS—北祁连缝合线

俯冲，可可西里—巴颜喀拉全区褶皱隆起，特提斯海再度向西南退缩。在华力西旋回形成的大陆或地块如柴达木、昆仑、昌都、冈底斯等地，在印支阶段以上升为主，大部处于被剥蚀环境，仅在局部地区形成内陆盆地，在晚三叠世末的构造运动中，柴达木和库木库里开始沉降而形成盆地。

(2) 燕山运动阶段　印支运动之后，青藏地区的构造演化与三叠纪时期有明显不同，除喀拉昆仑北部外，羌塘、三江及冈底斯—念青唐古拉大部地区出露地表成为剥蚀区。在高原的东部和西北部分布着一批侏罗—白垩系的陆相盆地，而在北喜马拉雅及以北的雅鲁藏布江地区继续处在浅海及半深海沉积。白垩纪时的特提斯海主要分布于班公—怒江缝合带以南。

晚三叠世末期，由于羌塘块体迅速北移，导致了北部可可西里—巴颜喀拉三叠纪海槽关闭（叶祥华，1987）。在特提斯海收缩闭合过程中，以班公—怒江带为代表的早期中特提斯洋产生了，并逐步扩大。而从晚三叠世开始的雅鲁藏布江张裂带，于侏罗纪时继续扩大形成了南部中特提斯（图 2-3-13），这样在可可西里—金沙江缝合带以南，形成了两个彼此近

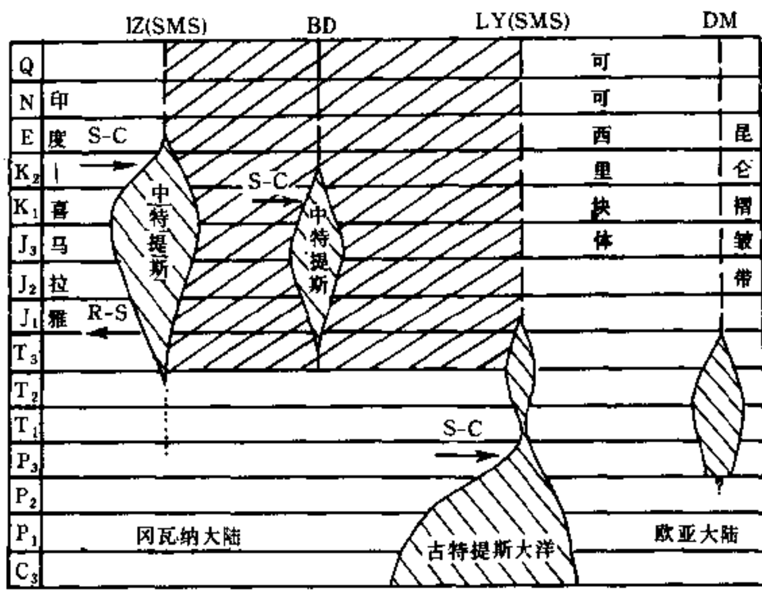


图 2-3-13　特提斯演化剖面示意图（印度-西藏-昆仑段）

（据黄汲清、陈炳蔚）

IS（SMS）—印度-雅鲁带（南主缝合线）；BD—班公-怒江缝合带；

LY（NMS）—龙木错-玉树带（北主缝合线）；DM—大滩-玛沁缝合带；

S-C—板块消减和碰撞及其方向；R-S—张裂和海底扩张及方向

于平行的特提斯洋盆。黄汲清等建议雅鲁藏布缝合带是侏罗—白垩纪时期的南北中特提斯的界线。侏罗纪时北部羌塘和拉萨块体为两个台槽沉积区，中下侏罗纪不整合于中、下三叠统之上。南部雅鲁藏布江之南，侏罗纪形成了一条连续的优地槽沉积带，与上三叠统复理石为连续沉积（黄汲清，1988），侏罗系总厚2000米以上，其中火山岩占一半左右。此带之南的喜山区可见到层序完整化石丰富的侏罗系剖面，由稳定的陆棚海相沉积组成。中晚侏罗世，羌塘、喀拉昆仑至唐古拉、冈底斯一带大部分被海水淹没，为滨浅海相沉积，并在班公—怒江一线拉张形成初始洋壳（王希斌、鲍佩声，1984）及串珠状海盆（余光明、王成善，

1987)，发育了一套比较完整的蛇绿岩套及深海活动型沉积（郑海翔，潘桂棠，1986），晚侏罗世晚期至早白垩世早期班公—怒江海盆与北侧的龙木错、唐古拉，南侧的冈底斯—念青唐古拉相连通的中、晚侏罗世海盆一并褶皱隆起，并在念青唐古拉东北边缘形成燕山早期花岗岩带。冈底斯—念青唐古拉同喀拉昆仑—三江微板块拼合，填加到古亚洲板块之上。

肖序常、高延林也认为，晚侏罗世到早白垩世，北特提斯洋壳演化结束，冈底斯板块拼加到古欧亚板块上，藏北、羌塘地区，海水向西退出隆起成陆。在喀拉昆仑北，白垩系仍为浅海相碎屑岩夹石灰岩，晚白垩世为陆相红层。此时的喜马拉雅块体同冈底斯板块南部存在较宽的南特提斯洋。晚白垩世，南特提斯洋壳以 6 厘米／年的速度向北俯冲到冈底斯板块之下，引起北部陆缘内部部分熔融和地壳强烈活动，出现了 50～90 百万年的深源型钙碱性岩浆活动，形成冈底斯火山岩浆弧带，形成不同类型的岩石建造。由此可以推测：侏罗-白垩纪时期，早期中特提斯处于收缩阶段，与此同时出现了以雅鲁藏布江为代表的晚期中特提斯洋，并逐步扩大。白垩纪时期的特提斯主要分布于班公—怒江缝合带以南。在拉萨块体，在上侏罗统之上连续沉积了一套海退式的白垩系。下白垩系下部主要是砂、页岩互层，上部为海陆交互相碎屑岩夹薄煤层。上白垩统下部仍为海、陆交互相沉积，上部为火山岩碎屑岩，总厚 3000 余米。而在南部特提斯喜马拉雅北坡上侏罗统之上为一套完整的海相白垩系剖面，由页岩、石灰岩、砂岩所组成，富含化石。沿雅鲁藏布缝合带北侧，发育有以复理石为主的晚白垩世沉积，即日喀则群同下复地层为不整合接触。而在缝合带之南，白垩系的复理石在厚度上明显增加。

六、喜马拉雅阶段

1）据刘增乾、郑海翔等研究，青藏高原西部的喜马拉雅冈底斯区，在古新世—始新世时期还是由特提斯残留海占据（图 2-3-14）。当时的地貌特点与现今不同的是西低中高，改则、拉萨、日喀则以南，以西和东南地区为海水分布，从可可西里、唐古拉到北横断山脉

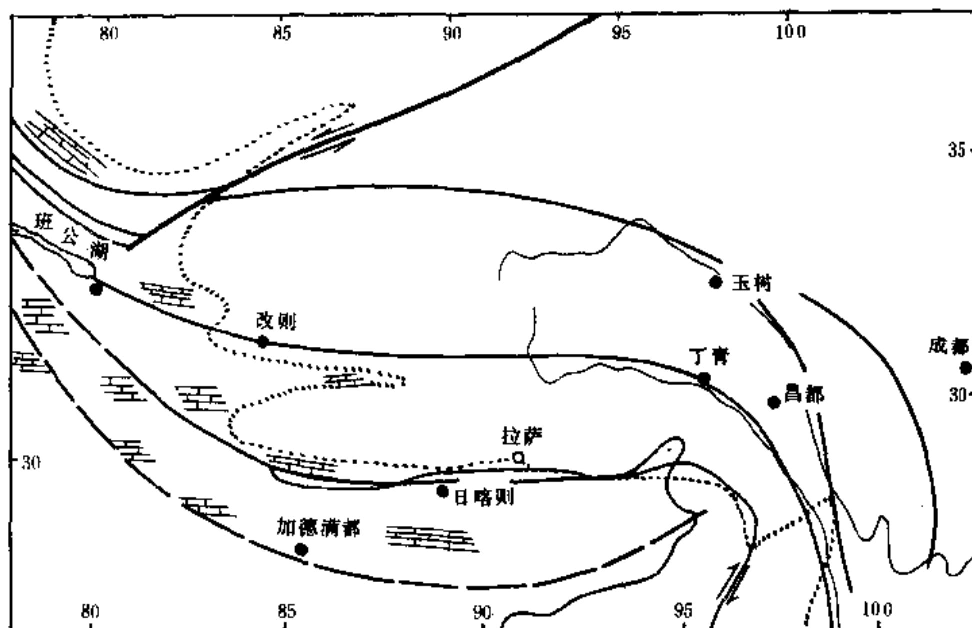


图 2-3-14　青藏高原及邻区始新世海陆分布略图（据刘增乾等）

图中虚线为海陆分布界线，北侧为陆地，西南侧为海相。图中岩性为始新世海相出露区

为沿海丘陵或低山区。高原西部的海相沉积中，大都为生物灰岩、泥灰岩及泥岩，在接近海岸的冈底斯南缘则是海、陆交互的含煤地层。在高原内部及横断山区的断陷盆地中为河湖相沉积。始新世末，海水从青藏高原地区退出。渐新世时，只有西藏的邻区新疆塔里木盆地西南缘尚有残留海之外，均为陆相沉积。大致以可可西里—巴颜喀拉山为界，沉积环境出现了明显的南、北分异现象。南部以湿润气候带的暗灰色含煤碎屑岩为主，而北部则为相对干燥气候带的杂色碎屑岩沉积区。这个时期盆地的面积较小，分布范围也不及始新统广泛。到了中新世，青藏高原内部仅在几条大断裂带的附近形成的断陷中，有较厚的中新世沉积，如伦波拉、泽当盆地等。据吴一民等研究，青藏高原除喜马拉雅断褶带的岗巴—定日一带有海相碳酸盐岩建造外，其他陆相第三系盆地，一般具有磨拉石和粗碎屑岩建造，杂色砂泥岩建造。而在班公—怒江大断裂以南的部分盆地，尚具含煤、含油页岩建造；以北的部分盆地具有蒸发岩、暗色泥岩建造。暗色泥岩建造或可能较好地发育于可可西里及乌兰湖等盆地的深凹陷中。

从构造形变上看，始新世末渐新世初，青藏高原发生大规模的构造变动，表现在以南北向挤压应力场为主导的褶皱冲断作用。沿高原北侧产生了剪切断裂带，切断昆仑山构造带，其两侧发生很大的水平位移。在东缘的横断山区，因与挤压方向近于直交，从而发生近南北向的走滑拉裂，形成一系列规模较大的走滑断裂及其制约的拉裂盆地。由于高原周边各刚性地块向高原内部挤压，尤其是印度板块和扬子板块分别向北西和北西西方向推压，导致了高原柔性块体与相邻刚性地块间的强烈冲断作用，高原边缘的变质岩系以及上覆的沉积盖层逆冲到周边的稳定地块之上，形成巨型的喜马拉雅和龙门山推覆构造带，陆内汇集作用在中新世末达到高峰，形成了青藏高原的雏型。据肖序常、叶祥华等对板块演化及古地磁研究也有近似的看法。晚白垩世时早期中特提斯闭合，羌塘、冈底斯两块体互相靠近拼合，此时喜马拉雅和印度块体仍在南半球，开始向北漂移。到第三纪中新统时期冈底期、喜马拉雅块体纬度靠拢，说明晚期中特提斯洋闭合，喜马拉雅块体拼合到亚洲大陆之上，出现了一系列轴面北倾的褶皱和逆掩断层。

2）上新世至第四纪时期，突出表现为原始高原的形成和高原地壳表面大幅度的隆升。在中新世末强烈的构造运动之后，上新世至早更新世，高原内出现了持续上升的活动，在周边压陷盆地内沉积了巨厚的磨拉石建造。在构造形变上，整个高原受周围挤压造成地壳水平方向的缩短和垂向上的加厚。这一时期的火山活动主要集中在藏北地区。早更新世末至中更新世初，发生了羌塘运动，使中更新统同下伏各地层为不整合接触。此后青藏高原主要是整体强烈大幅度隆起，成为现今世界上最壮观的高原之现状，它给青藏地区油气的保存条件带来极大的影响。

第四节　对沉积盆地的划分

根据上述青藏地区的资料结合前人研究成果，对青藏高原的主要沉积盆地自北而南主要划分为（图 2–1–1）：

（1）库木库里盆地　位于柴达木盆地南缘祁漫塔格山以南，阿尔金山以东，为一个叠合在海西褶皱带上的大型第三系陆相沉积盆地，面积约 3 万平方公里。沉积岩厚近 6000 米，其中，侏罗系出露厚 100 多米（未见顶），第三系厚 5700 米。可分为四个岩组，主要为一套干旱气候下的沉积，自下而上为：

R_1　厚150～550余米，灰褐色块状厚层砾岩夹砂岩。

R_2　厚300余米，红色砂岩与灰白色砂岩。

R_3　厚2000余米，紫红色砂岩、灰绿色砂岩夹黑色块状泥灰岩，底部为灰绿、灰黑色页岩，含有植物化石。

R_4　厚2640米，下部为灰色砂岩，中部为土黄色砂、泥岩，灰绿色粉砂岩，偶夹灰色泥岩，含腹足类化石及石膏。上部为灰绿色细砾岩与砂质泥岩，与第四系呈不整合接触。

从上述剖面分析，向湖盆中心有可能具有较好的生油条件。值得注意的是盆地西侧为阿尔金山同昆仑山北断裂相切，沉降较深，处于同柴达木盆地茫崖坳陷相近似的构造位置上。盆地结构表现为南北均为凹陷，中央属大型隆起。构造线多属北西西向与盆地延伸方向相同。地面发现油气显示，经调查已证实有 13 个构造圈闭，构造条件是具备的，自西而东为雪梁背斜、南岭背斜等。本区海拔 4600 米左右，工作条件较困难，交通尚称便利，距茫崖约 150 公里。

(2) 可可西里盆地　位于昆南断裂以南，可可西里—金沙江断裂以北，是一个近东西向延伸的长条状陆相第三系盆地，面积约 20000 平方公里。基底为浅变质的三叠系巴颜喀拉群和未变质的结扎群。盆地地层是由第三系河湖沉积组成，下第三系以砂岩和泥岩互层，夹泥灰岩及石膏层，含有化石，厚 4500 米以上；上第三系为桔红色砂岩、泥岩互层，夹泥灰岩及石膏层。第三系总厚 6000 米以上。在风火山、特拉什湖到叶鲁素湖一带，发育有一系列褶皱和刺穿构造（詹灿惠，1957），具有油气保存条件。向盆地深部第三系可能出现深湖、半深湖沉积而具有生油条件，多洛金构造上发现油气显示，说明本区有过生油过程。此外，在风火山至西金乌兰湖地带，第三系与下伏的三叠系、侏罗系有可能构成油气聚集条件。

(3) 羊湖盆地　位于羌塘盆地西北，阿尔金断裂以东，为一个第三系盆地。面积 16000 平方公里，第三系厚大于 6000 米。由于盆地位于阿尔金断裂同可可西里—金沙江断裂的交会处附近，具有沉降较深的特点，同库木库里、茫崖坳陷具有相近似的区域构造位置，推测在凹陷的深层第三系可能有较好生油条件，这是一个值得重视的第三系盆地。

(4) 拜惹布错盆地　实际上是羌塘盆地向西延伸的部分（中间有隆起分隔）。主要出露地层为侏罗系，局部有白垩系及第三系分布，盆地面积为 10000 平方公里。从侏罗系至第三系总厚约 7000 多米，侏罗系为浅海相沉积，具有较好的沉积条件，但盆地较窄，构造较陡。

(5) 巴克哈鲁盆地　位于拜惹布错盆地以西，松西以北，巴克哈鲁南侧，呈近东西向长条状展布，面积 10000 平方公里，是一个覆于上古界之上的第三纪河湖沉积盆地。向西延至拉竹龙，盆地方向转为北西西，可能是受阿尔金山断裂带活动的影响，在第四纪时仍继续下沉，推测本区是一个沉降很深的断陷盆地，这对生油层的形成是非常有利的。

(6) 乌兰乌拉湖盆地　位于金沙江断裂以南羊湖义敦晚印支构造带上，展布在乌兰乌拉湖附近的第三系、白垩系沉积盆地，面积约 10000 平方公里，第三系为河湖相沉积，下部发育有灰色砂岩、粉砂岩，中上部为紫红色砂岩、泥岩互层，厚 4000 米以上。从第三系剖面分析具有一定储集条件，第三系生油条件不清，向深部有可能变好。在乌兰乌拉湖东南海相中上侏罗统发现两处油砂（蒋中锡，1982），说明第三系、白垩系与下伏海相三叠系及侏罗系生油层构成生、储油组合时，具有一定的远景，值得重视。

(7) 羌塘盆地　盆地位于可可西里山南侧断裂以南，阿木岗隆起带以北，普若岗山以

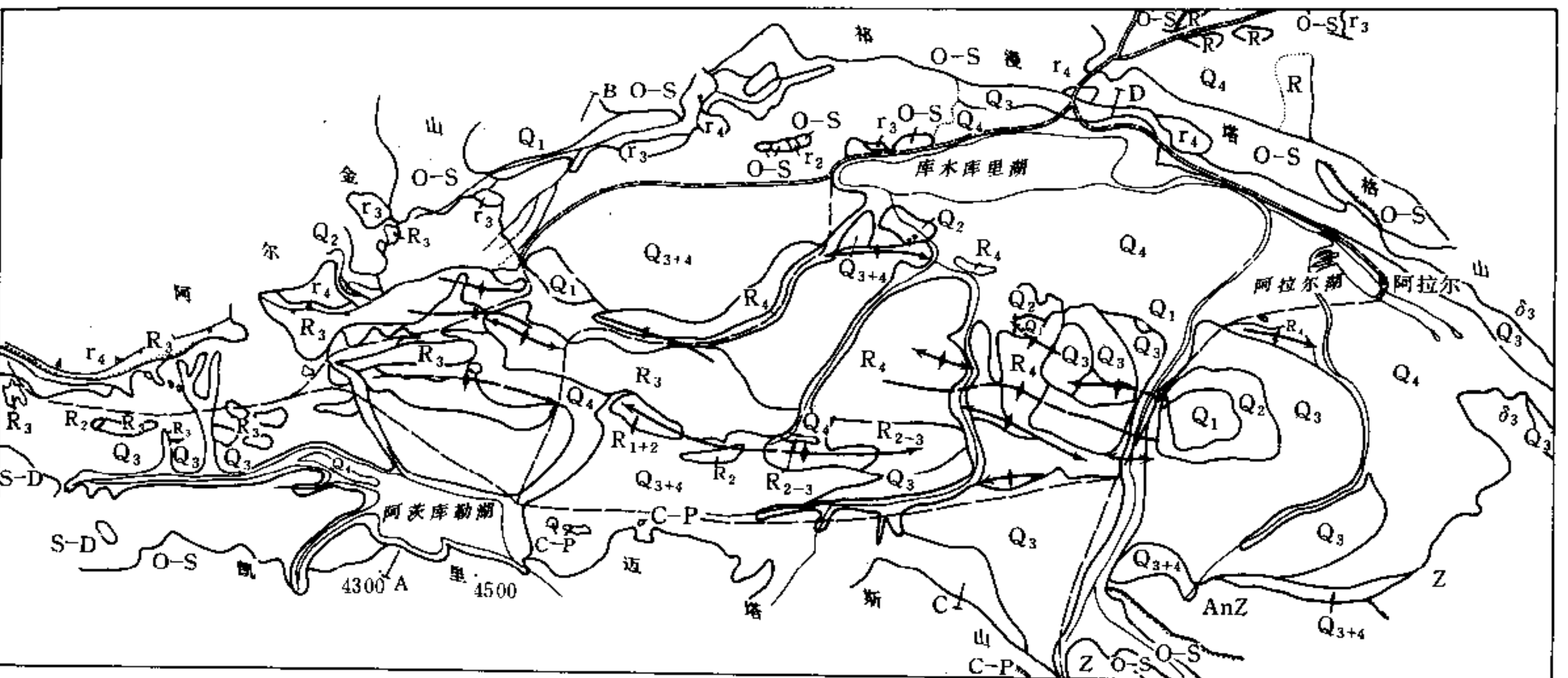


图 2-3-15 库木库里盆地地质图

1—第四系；2—第三系；3—侏罗系；4—石炭-二叠系；5—SD 志留-泥盆系；6—奥陶志留系；7—震旦系；8—前震旦系；9—华力正期花岗岩；10—加里东期花岗岩；11—地名；12—地层界线；13—不整合；14—背斜；15—向斜；16—正断层；17—横剖面；18—汽车便道

西，向西至鲁玛江冬错的广阔范围内，面积为40000平方公里（图2-3-17）。盆地基底为前泥盆纪的一套浅变质岩（下古生界），仅在阿木岗，玛依岗日等几个地区出露，向西见石炭系含砾板岩，均受古地形控制。二叠系出露很广，盆地大部都有二叠系分布。玛依岗雪山北侧见未变质的上二叠统，盆地内发育了海相三叠系、侏罗系以及陆相的白垩系、第三系碎屑岩沉积，构成了盆地的多层结构，从二叠至第三系总厚大于8000米。靠近南部隆起带玛依岗日北侧出露少量三叠系与侏罗系呈微角度不整合，在阿木岗北坡侏罗系直接超覆于下古生界变质岩之上。

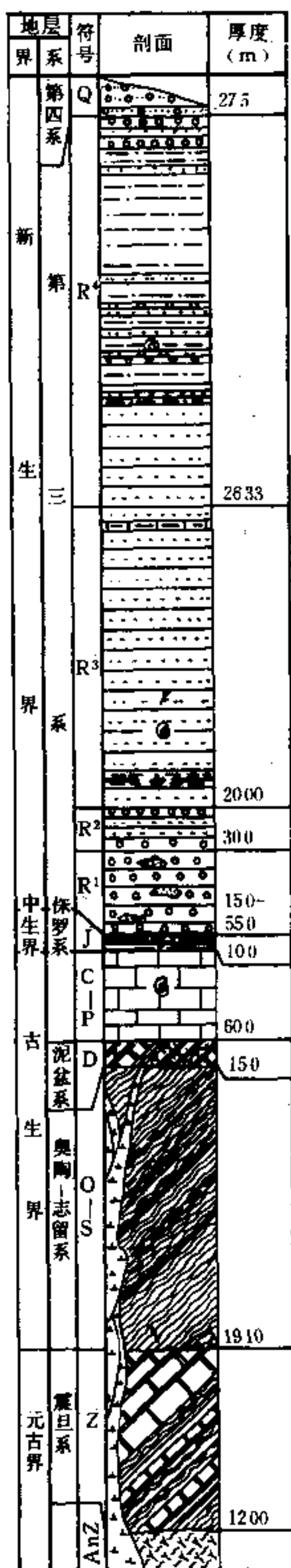


图2-3-16 库木库里盆地柱状剖面图

在陆相的碎屑岩之下，是浅海相的中、上侏罗统，厚5000余米，同三叠系为不整合接触，其岩性底部为灰红、灰绿色砂岩、粉砂岩、泥岩互层，下部为灰色泥岩、页岩、生物灰岩，中上部为灰绿色粉砂岩、泥灰岩，构成了两个沉积旋回，含有丰富的海相化石。在玛尔果茶卡和唐古拉南侧相当这套地层中发现有丰富的原生油气苗（李道琪，1966），说明侏罗系具有生油条件。在区域上中上侏罗统油气显示较多，本身又具有生、储油条件，加之本区相对处于稳定地区，是一个有含油远景的地区。

位于盆地北部边缘有一长条形东西向第三系河湖相沉积盆地，面积6000平方公里，第三系厚度大于4000米。盆地中心可能具有生油条件，盆地下伏地层为侏罗系及三叠系海相沉积，可组成含油组合条件。

(8) 羌塘南盆地　位于玛依岗日隆起带以南，班公—怒江断裂带以北，西雅尔岗隆起以西地区内，面积约45000平方公里。盆地内未见老于三叠系沉积，三叠系大面积出露于盆地北部，属稳定型浅海沉积，褶皱形态比较宽缓（图2-3-18），在构造北缘，上三叠统向北超覆于下古生界变质岩之上（吴瑞忠等，1986）。盆地南部主要发育侏罗系，为黑色页岩夹少量薄层鲕状灰岩，产瓣鳃类化石，定为色哇组（文世宣，1979），其上为雁石坪群。侏罗系下部以碎屑复理石为主夹石灰岩，上部为石灰岩，富含化石，具有一定的生油条件。值得注意的是本区靠近班公—怒江断裂带，有变质现象，同时侏罗系岩性变异较大，在班公湖附近主要为碎屑复理石，改则附近有浅水介壳灰岩，时代属中上统。侏罗系中普遍见火山岩（羌塘盆地比较稳定，不夹火山岩夹层），与班公—怒江缝合带的发育活动有关。

在羌塘和羌塘南盆地的凹槽中，中生代海相沉积之上，普遍分布有陆相白垩系、第三系碎屑岩沉积，多为干

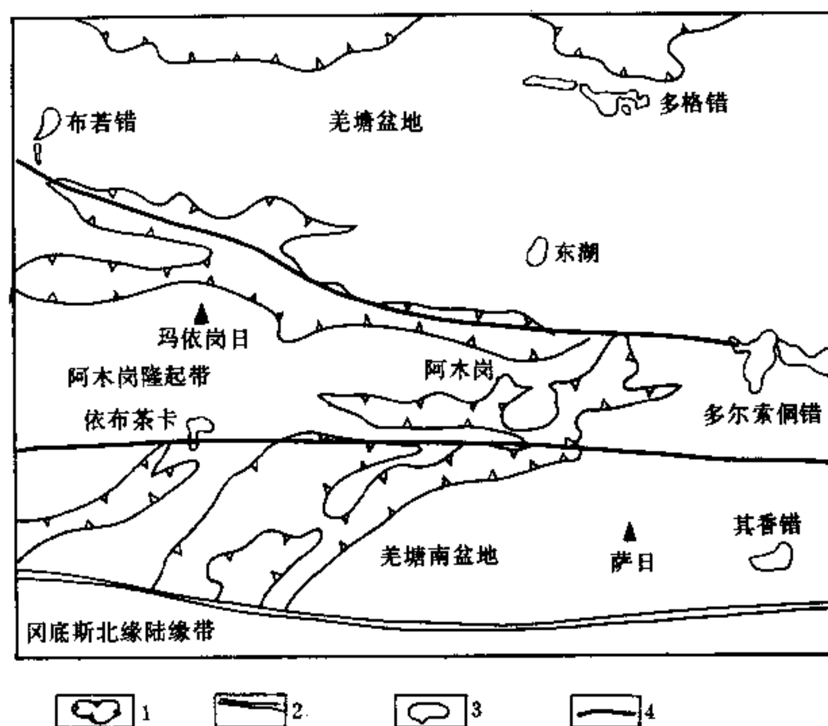


图 2-3-17　羌塘盆地及羌塘南盆地示意图（据胡承祖等）

1—白垩-第三系陆相盆地；2—板块缝合线；3—湖区；4—断裂

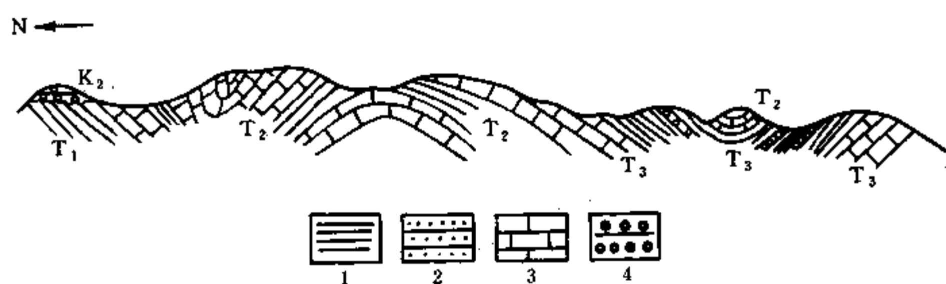


图 2-3-18　比隆错东剖面素描图（据吴承祖）

1—页岩；2—砂岩；3—灰岩；4—砾岩；5—板岩

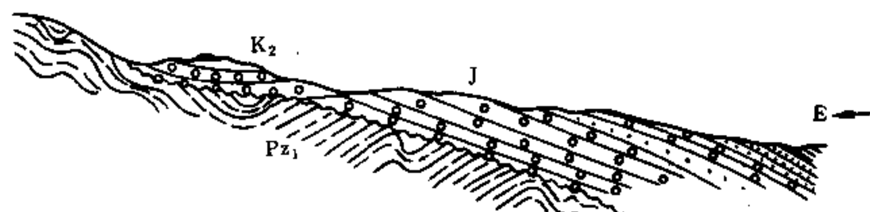


图 2-3-19　阿木岗西坡剖面素描图（据吴承祖等）

（图例同 2-3-18）

燥环境的沉积物，其中羌塘盆地中，有些面积大、地层较厚的地区应当重视。本区的羌塘、唐古拉盆地位于相同的构造带上，具有相似的地质条件。

(9) 唐古拉盆地　位于开心岭以南的唐古拉地段，西同羌塘盆地相接，北部为乌兰乌拉湖盆地，为一个西宽东窄的楔形盆地，面积为30000平方公里。盆地基底由上古生界浅变质岩组成，下三叠统缺失，中、上三叠统不整合于其上，主要是黄绿色页岩，深灰色灰岩、生物灰岩夹黑色页岩，厚度大于1200米。页岩及泥灰岩中富含化石和有机质，分布有未分细粒米状黄铁矿，并夹有沥青灰岩夹层，具有一定生油能力。上三叠统土门格拉组是一套砂岩、泥岩互层夹煤系沉积，富含有机质。它是一套浅海相到滨海相沉积，其中煤层经分析为肥煤至气煤阶段（西藏第三地质队，1972），三叠系总厚度大于3000米，三叠系之上，下侏罗统缺失，中上侏罗统不整合超覆于三叠系之上。前人命名为雁石坪群或吉口群，厚5000米，为一套浅海相及滨海相的砂岩、泥岩、石灰岩，生物灰岩组成两个完整的沉积旋回。其中的灰色泥岩、页岩，生物灰岩中见有大量的化石，并富含有机质。在唐古拉地区见有丰富的油气显示（李道琪，1966），说明这套地层有过生油过程，并具有生、储油条件。此外在唐古拉山南的宗当盆地，第三纪地层中发现油苗和沥青。应当指出的是，在青藏公路以东的盆地范围内，有火成岩活动，对油气聚集有一定破坏作用。

(10) 昂达尔盆地　位于安多隆起带以北，西雅尔岗隆起带以东，多尔索洞错以南，东同唐古拉盆地相接，盆地面积15000平方公里。盆地的基底结构同唐古拉相近，为羌塘—唐古拉断褶带上偏南部的中型盆地。组成盆地的地层主要由上三叠统的土门格拉群及中、下侏罗统的扎姆那曲群。前者厚2000多米，后者厚4000多米，是一套浅海和滨海含煤沉积建造。

土门格拉群下部是一套粗碎屑岩，中部为厚层灰岩含大量的腕足类及腹足类化石。上部是一套灰色砂岩、粉砂岩、泥岩及黑色泥页岩夹煤层，其中黑色泥页岩厚1000余米，富含化石及有机质，是较好的生油岩系。在土门格拉煤矿采样分析，结果为气煤到肥煤，说明了这套地层处于有利的生油门限阶段。侏罗系的下部为砂岩、页岩互层，向东至扎姆那曲河谷，为一套黑灰色到黑色的泥页岩夹灰色灰岩及鲕灰岩。从岩性条件分析是有利生油的沉积。侏罗系中部是一套很厚的灰色泥页岩，含化石，是闭塞环境下的海相沉积，厚800余米，也是一套较好的生油层。上部有一套不很厚的石灰岩、生物灰岩及泥页岩互层。在安多县北部河谷中于侏罗系石灰岩中发现多处沥青细脉及稠油，显示层累计厚达560米，说明这套地层确有生油过程。

(11) 昌都盆地　位于羌塘—唐古拉褶皱带的东段，金沙江断裂与北澜沧江断裂之间，通称昌都—芒康盆地，面积12000平方公里。是加里东期基础上发展起来的、较稳定的上古生代沉积区。出露最老地层为下奥陶统浅海相碎屑岩、碳酸盐岩，厚度大于1900米。中上泥盆统不整合于下奥陶统之上，以浅海到滨海相碳酸盐岩沉积为主，夹碎屑岩，厚1000米，石炭系发育齐全，为浅海相碳酸盐岩、碎屑岩组合，西部夹火山岩，下统含煤，厚约2000米。二叠系为浅海至滨海相，下统为碳酸盐岩、碎屑岩组合，厚1200米，上统以碎屑岩含煤系为主，厚达2500米，上下统均夹火山岩。三叠系为滨海至海陆交互相碳酸盐岩、碎屑岩、火山岩组合，夹煤层，下三叠统厚950米，中三叠统厚26000米，在晚三叠世褶皱回返使昌都台块相对隆起区转为沉降带，接受了晚三叠世至古新世的碎屑岩建造、含煤建造及红色含膏盐建造。以上三叠统分布较广，厚5000多米，与下伏各地层之间出现不整合，上部为泥页岩及砂岩互层含煤。从剖面分析，上三叠统有暗色泥岩厚近1000米，具有较好

的生油条件和储集条件，可与楚雄盆地晚三叠世剖面对比。侏罗系与三叠系为连续沉积，和白垩系构成陆相红色碎屑岩盆地，总厚大于3000米，缺失上白垩统，老第三系为陆相碎屑岩沉积，上第三系为火山岩，红色碎屑岩沉积（表2-3-1）。本区发现有层位不清的沥青脉两处，为裂隙性类型（将中惕，1982）。本区主要问题是处于三江挤压带，构造强烈褶皱。并有断层破坏，保存条件不利，但本区海拔相对较低，交通尚属便利。

表2-3-1 昌都盆地构造层的划分表

构造层	地层
陆相盆地	E　N
以陆相为主盆地	K
以陆相为主盆地（南部） 第二盖层（以海相为主）（北部）	J
第二盖层	T
第一盖层	D —— P
基　底	O

（12）比如盆地　位于班公—怒江断裂带以南，川巴—比如陆缘盆地带的东部，昌都盆地以西，为一个白垩系的沉积盆地。面积为15000平方公里，白垩系厚5000米左右。为一套浅海相碎屑岩夹碳酸盐岩及火山岩，部分地区陆相第三系叠加在白垩系盆地之上。本区附近侏罗系、三叠系已轻微变质，白垩系是一个有远景的目的层，在盆地附近发现了两处油苗，主要产状为沥青脉及稠油。

（13）昂拉仁错—班戈盆地　刘增乾、郑海翔等称之为川巴—比如复合陆缘盆地带，是一个以巨厚的中、新生界组成的复合盆地，该盆地位于冈底斯山、念青唐古拉山以北，改则、丁青大断裂带以南，狮泉河以东的沉积坳陷区，是东西延伸，面积8万平方公里以上，主要由海相的三叠系、侏罗系、白垩系组成，其中后两套为有利含油气地层（图2-3-6）。

下部中、上侏罗统至下白垩统的浅海相砂岩、页岩夹石灰岩、泥灰岩。在班公湖附近，侏罗系夹有火山角砾碎屑岩，侏罗系厚6000米。上部的中、上白垩统主要由两套杂色粗碎屑岩和两套生物灰岩、砂岩、泥岩互层组成的沉积旋回。盆地边缘的班戈县中白垩统底部为巨厚的磨拉石沉积。盆地内部夏康坚雪山东侧的沉积则变为灰绿色泥岩夹黑色生物灰岩，中上部的生物灰岩与砂岩、泥岩互层中，有丰富的化石，具有较好的生油条件。夏康坚雪山东侧的沥青脉和稠油显示，证实本区有过生油过程。

盆地以吉瓦盐湖为界分为东、中、西三段，吉瓦盐湖以东为东段，二叠系发育完整，以浅海至次深湖相碎屑岩复理石沉积为主，上统以碳酸盐岩为主，比如一带厚9000米，向西减薄。侏罗系及下白垩统仍以浅海碎屑岩复理石为主夹碳酸盐岩及火山岩，厚达7000米，其上为陆相上白垩统不整合接触。西段狮泉河至日土一带，侏罗系为浅海，次深海复理石碎

屑岩，白垩系为浅海相火山岩、碳酸盐岩组合，二者为超覆不整合关系。本带部分地区有上第三系红色陆相沉积，盖覆于侏罗、白垩系之上。

盆地东部奇林错以东地区，由于燕山期中、晚期岩浆活动的影响，其含油性受到破坏，当惹错以西尚保存较好的含油气条件（将中惕，1987）。

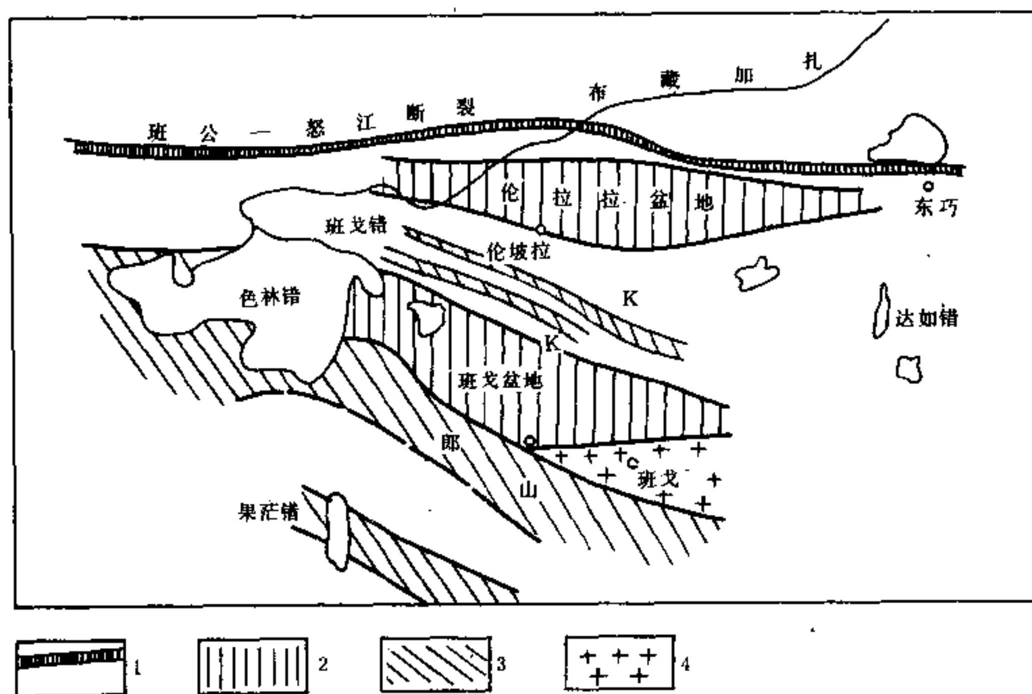


图 2-3-20 班公—怒江断裂带白垩系、第三系盆地的斜列图（据余光明等）

1—班公—怒江断裂；2—第三系；3—白垩系；4—花岗岩

沿改则—安多断裂带（班公—怒江断裂的一段），南侧有一条断陷带，其中发育了一系列中、新生界河湖相沉积盆地。如洞错盆地（1100 平方公里）、尼玛盆地（3000 平方公里）和伦坡拉等盆地（3500 平方公里）。其中伦坡拉盆地含油条件好，勘探程度高，已见工业油流，已有专门一章叙述。洞错盆地同伦坡拉有一定相似性，第三系为一套砂岩、泥岩互层，中下部夹一些灰绿色泥岩，总厚约 4000 米，在构造上同伦坡拉近似，北侧被区域大断层逆冲，南缘为一斜坡的箕状盆地，第三系的有机质丰度、厚度不如伦坡拉。其他盆地勘探程度低，需要进一步工作。

（14）措勤盆地　位于昂拉仁错盆地之南，基底为前寒武系变质岩、古生界分布较广，为稳定浅海相沉积，直接被含火山岩的白垩系及第三系碎屑岩及火山岩不整合。白垩系中上部为海相灰黑色及灰色页岩、砂岩互层，具有一定生油条件，第三系碎屑岩及火山岩分布区之下分析也有白垩系分布。盆地面积 35000 平方公里，白垩系及第三系厚 6000 米，具有一定含油气远景。

（15）拉萨盆地　位于雅鲁藏布江复向斜带北缘的大断裂边缘的断陷带中，属于中、新生界盆地。盆地长约 300 公里，南北宽 30 公里，面积达 8000 平方公里。主要地层为海陆交互相的白垩系和陆相第三系，总厚约 4000 米以上。白垩系下部是石灰岩，中部为砂岩、页岩互层夹煤层，上部为碎屑岩夹灰色泥页岩层。第三系在盆地中分布局限，中上部为砂岩、

页岩互层夹煤层及油页岩，富含有机质，具有一定生油条件。第三系不整合于白垩系之上，在钻井中于大煤层之下在凝灰岩中发现有填充的沥青脉，对其来源尚需进一步研究。从构造背景上同伦坡拉具有相似性，均是处于大断裂边缘坳陷带的中、新生代盆地。本区交通方便，自然条件较好是其有利的一面。

(16) 日喀则盆地　位于雅鲁藏布江断裂带南侧，日喀则以西的长条带状断陷盆地，面积约 10000 平方公里，主要地层为海陆交互相的白垩系，砂、泥岩互层夹生物灰岩，厚 6000 米。第三系分布局限，构造挤压强烈并有火成岩活动。

(17) 岗巴—定日盆地　位于喜马拉雅断褶带北坡，是东西向延伸，面积 25000 平方公里。盆地主要由海相侏罗系和白垩系砂岩、页岩及石灰岩、生物灰岩组成，富含化石及有机质，有一定生油条件，厚 4000 多米。本区木斯塘的天然气是产自侏罗系页岩，至今仍在燃烧，说明这个盆地有油气生油过程。但本盆地断裂破坏严重，加之喜马拉雅山大幅度抬升，目的层广泛暴露，保存条件较差。

(18) 象泉河盆地　位于喜马拉雅山北坡西段，为中、新生代海相侏罗系、白垩系沉积盆地，面积 8700 平方公里，基底为前泥盆系组成，其上有上古生界及侏罗、白垩系分布，盆地北部上第三系沉积较厚，侏罗系至第三系总厚 6000 多米。上第三系是一个很有希望的层系。

第四章　中、新生代沉积环境

青藏地区北从昆仑断褶带南到喜马拉雅断褶带的五个构造带中，下古生界已变质，二叠系除部分地区外也已变质。因此，对各时代地层的沉积环境的论述主要针对中、新生界。应当指出，三叠系除了羌塘—三江断褶带和喜山区部分地区外，也都受到不同程度的变质作用。

根据余光明、王成善等的研究并结合其他前人成果，对青藏地区的中、新生代的沉积区进行了划分，即可可西里白垩-第三系断陷盆地、羌塘—昌都盆地、班公—丁青断陷盆地、冈底斯北缘盆地、冈底斯—念青唐古拉沉积区、冈底斯南缘盆地、藏南盆地、喜山陆缘沉积区和藏南第三纪残留海盆地。现将其沉积环境按海相、陆相沉积分述如下:

第一节　海相沉积环境

青藏高原作为特提斯海的东段，海相地层占绝对优势，并且发育完整，沉积厚度大，有些地区为连续沉积。在中国大陆上，除了四川、青海、新疆部分地区外，只有青藏地区发育了从古生界直至第三系始新世的连续的海相沉积，这对我国油气勘探工作来说是个有利的条件。但由于各区的沉积条件不同，在沉积环境、沉积类型和在横向、纵向上的变化都有明显差异。

一、羌塘—昌都沉积区

1.上古生界

沉积为稳定的海相碳酸盐岩台地沉积。晚二叠世厚度增大，三叠系为砂、板岩组成的复理石沉积，晚二叠世及晚三叠世均为海、陆交互相的含煤建造。对青藏地区三叠系的研究还属初步阶段，据饶荣标等选择藏北地区进行研究，按照岩性、构造、生物特征及沉积环境综合分析，对丁青、昌都以北，曲麻莱以南、甘孜以西的三叠系分布区，划分了三个区 11 个岩相单位，现列表如下（见表 2-4-1）:

按照上述岩相分区同构造部位相结合，可划分出五个岩相带，自北而南是（图 2-4-1）:

(1) 曲麻莱—石渠相带　位于金沙江东侧，包括上、中、下三叠统巴颜喀拉山群，其中上统以暗色泥质岩相为主，上统下部和中、下统为浊积岩相（复理石），反映了次深海至深海沉积。

(2) 巴塘—同普相带　位于金沙江西侧，北段包括巴塘群下部（中统），巴塘群上部碎屑岩和上部石灰岩段（相当上统），南段包括下三叠统普水桥组，中三叠统瓦拉寺组、上三叠统甲丕拉组。自下而上的岩相变化为冲积砾岩相、台地碳酸盐岩相、浊积岩相和硅质岩相；冲积砾岩、砂、泥岩相、碳酸盐岩相、礁碳酸盐岩相、三角洲相等，反映了至少两次大的海进和海退旋回。

(3) 结扎—波里拉相带　自下而上的岩相变化为冲积砾岩或砂、泥岩相、盆地碳酸盐岩相、台地碳酸盐岩相、三角洲相、泥岩相，反映了一次大的海侵。

表 2-4-1 西藏北部三叠系岩相划分表

序号	岩相	岩性	沉积环境	产出层位
1	冲积砾岩相	砾岩、含砾粗砂岩	河流、冲积扇	结扎群下部碎屑岩段，巴塘群上部碎屑岩段
2	红层砂、泥岩相	砂岩，粉砂岩、页岩夹泥灰岩	河流、湖泊	结扎群下部碎屑岩段，巴塘群上部碎屑岩段
3	潮汐砂、泥岩相	细至中粒石英砂岩、砂质页岩及碳质页岩	海岸潮坪、泻湖	"沙丁板岩系"上部
4	粗粒石英砂岩相	中至粗粒石英砂岩	浅海近岸沙洲	"沙丁板岩系"上部
5	三角洲、砂、泥岩相	细至中粒砂岩、粉砂质页岩及碳质页岩	海岸三角洲	结扎群上部碎屑岩段
6	浊积岩相（复理石）	岩屑长石杂砂岩、长石石英杂砂岩	半深海至深海	上巴颜喀拉山群下部、及中下巴颜喀拉山群"沙丁板岩"下部；巴塘群下部
7	暗色泥质岩相	暗色粉砂质板岩、泥岩、板岩，碳质板岩夹粉砂岩	较深浅海、半深海	上巴颜喀拉山群上部；"沙丁板岩"中下部
8	硅质岩相	硅质岩、放射虫硅质岩	深海	"沙丁板岩"下部，巴塘群下部碎屑岩段
9	盆地碳酸盐岩相	暗色薄层灰岩、泥灰岩、含燧灰岩及砂屑灰岩	较深浅海，半深海	结扎群上部石灰岩段；巴塘群下部石灰岩段，波里拉组下部
10	台地碳酸盐岩相	生物碎屑灰岩，泥灰岩及鲕粒灰岩	滨海至浅海	结扎群上部石灰岩段；巴塘群上部及下部石灰岩段
11	礁碳酸盐岩相	珊瑚障积灰岩、砾灰岩及漂砾灰岩	浅海	结扎群下部石灰岩段、巴塘群下部及上部石灰岩段

（4）北沙丁相带　位于怒江断裂西南和以北，地层主要为"沙丁板岩"的中下部。主要为浊积岩相和硅质岩相，反映出半深海至深海的沉积环境。

（5）南沙丁相带　位于怒江河谷以南和边坝、洛隆以北，地层主要为"沙丁板岩"的中、上部。岩相为暗色泥质岩相、石英砂岩和潮坪砂、泥岩相，反映较深浅海至滨海沉积环境。

本区缺失下侏罗统，中侏罗统雁石坪群为大套的砂岩、石灰岩互层夹页岩，厚 2000 米。中上侏罗统为海相砂、泥岩、泥岩沉积，含煤及石膏，厚 670～900 米，总的来看侏罗系为一套浅海海岸环境的沉积，覆盖于较为稳定的上古生界之上（表 2-4-2），所以认为它相当于克拉通盆地（余光明，1987）。从侏罗系具有连续性，生物组合具有统一的面貌，岩相具有渐变性，在区域上延伸较稳定等特点来看，将羌塘—昌都的侏罗纪地层可做为一个沉积盆地的范围。

2.沉积环境及沉积组合

这个沉积区内沉积物具有较为一致的岩相变化，其沉积环境也不复杂，主要为一套浅水沉积物，认为具有以下几种类型。

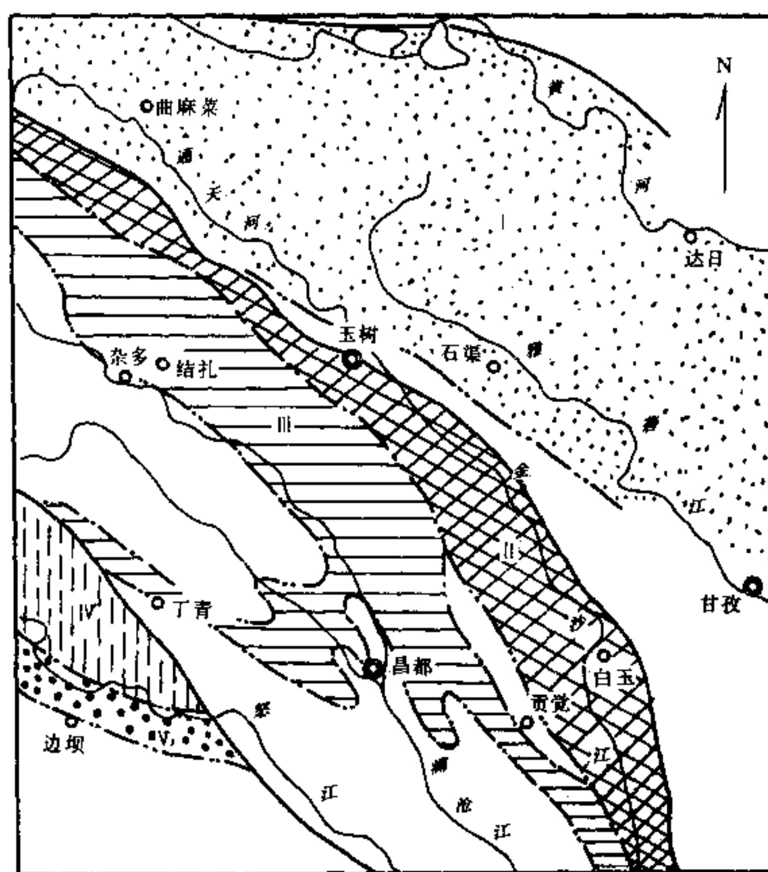


图 2-4-1 西藏地区北部三叠系沉积相带分布图（据饶荣标等）

Ⅰ—曲麻莱-石渠相带；Ⅱ—巴塘-同普相带；Ⅲ—结扎-波里拉相带；
Ⅳ—北沙丁相带；Ⅴ—南沙丁相带

表 2-4-2 羌塘-昌都沉积区侏罗系对比表

羌塘区		唐古拉—比如区	昌都区
阿布山群（K_2）		宗给组（K_2）/风火山群（E）	拉屋拉组（N）
那底岗日群（J_{2+3}）/白龙冰河组（J_3）		拉贡塘组（J_3）	拉贡塘组（J_3）
雁石坪群 J_2	长梁山组	雁石坪群（J_2）	柳湾组（J_2）
	拉相错组		马里组（J_2）
Pz_1 ~ T		C ~ T	C ~ T

(1) 海侵陆缘碎屑沉积　位于侏罗系底部，属海侵初期产物。岩性为陆源碎屑岩，以砾岩为主。

1) 扇三角洲沉积　为冲积扇伸进海盆中所形成的类型。其表现为，在前缘的砂砾岩中常常发现海相灰岩透镜体，岩性为砂质含骨屑泥晶灰岩；在垂向上这套砂砾岩直接过渡为海相灰岩，缺乏冲积平原和曲流河沉积；接近物源区，岩性粗，成熟度低，分选差（图 2–4–2)；含有冲积扇中特有的泥石流砾岩和片泛沉积。

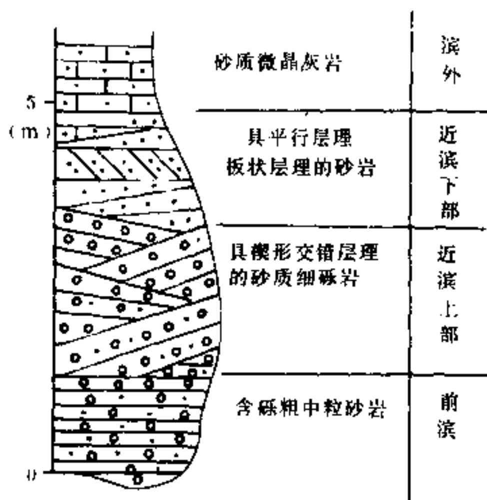


图 2–4–2　高能砾质岩沉积序列

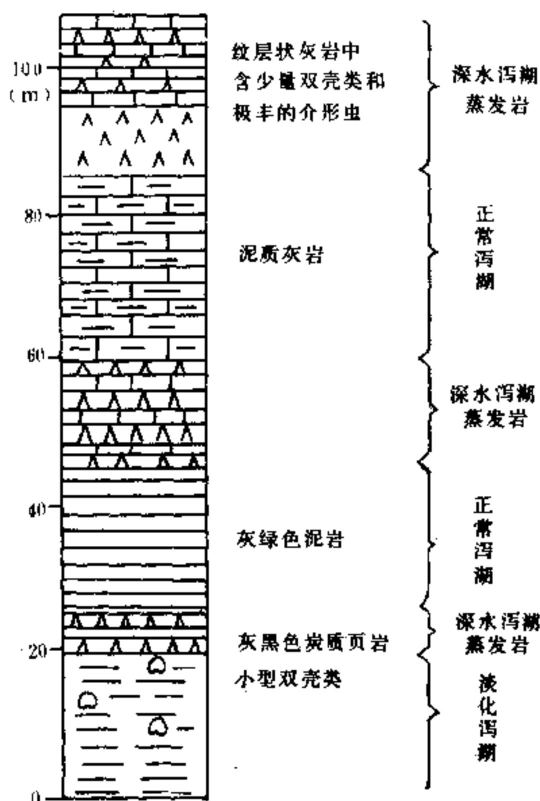


图 2–4–3　泻湖相蒸发岩沉积序列

2) 开阔台地—深水泻湖组合　据研究，雁石坪群主要是两套组合，大部分属于开阔台地—深水泻湖沉积（图 2–4–3)，在这套层系的顶部，则出现了一套被波浪作用改造的三角洲沉积。开阔台地是指盐度正常、静水条件下形成的碳酸盐岩沉积，它可以受淡化或咸化，变成一种泻湖环境，它经常和深水泻湖相共生。这套沉积环境组合，可以划分为三种沉积环境：即开阔台地（图 2–4–4)、泻湖和鲕滩潮汐通道环境（图 2–4–5）。这后一种沉积主要见于雁石坪群上部，是分布较广的一种沉积物，岩性多以颗粒灰岩，鲕粒灰岩大量出现为标志，夹有圆度较差的细粒岩屑砂岩。

(2) 被波浪和潮汐改造的三角洲砂岩沉积　主要指那底岗日群的薄～中层状灰绿色及紫红色砂岩夹泥岩及泥灰岩。这是一套沉积构造极为丰富的砂岩相，并且富含植物碎片，海、陆相化石共生，沉积物明显受到改造，但又沉积在潮下或滨外环境。初步认为这些由三角洲带人海盆的陆源砂，为波浪、潮汐流重新改造分布在陆架上，形成了席状砂岩（余光明 1987)。

(3) 浅海碳酸盐岩和细屑岩沉积　它包括白龙冰河组（J_3)、柳湾组（J_2）及拉贡塘组（J_3)，根据岩性和浅海相化石群可以初步确定它是浅海相的一套地层，又可以分为两种类型。

1) 浅海碳酸盐沉积　柳湾组以碳酸盐岩为主，厚 68 米。下部泥砂质含量较高，上部为

纯石灰岩，是一套浅海相组合。白龙冰河组是一套约 2080 米的以石灰岩为主的地层，夹泥岩。总的环境以浅海为主。

2）浅海碎屑沉积　昌都地区的上侏罗统拉贡塘组，岩性以灰黑色页岩—粉砂岩为主，夹砂岩及石灰岩，产有菊石、海胆和瓣鳃类化石，沉积物以细粒为主，属于一种浅海特点。从其周围环境分析，拉贡塘组海域范围不大，可能代表了一种伸向大陆内部的浅海盆地，四周为陆地环境。

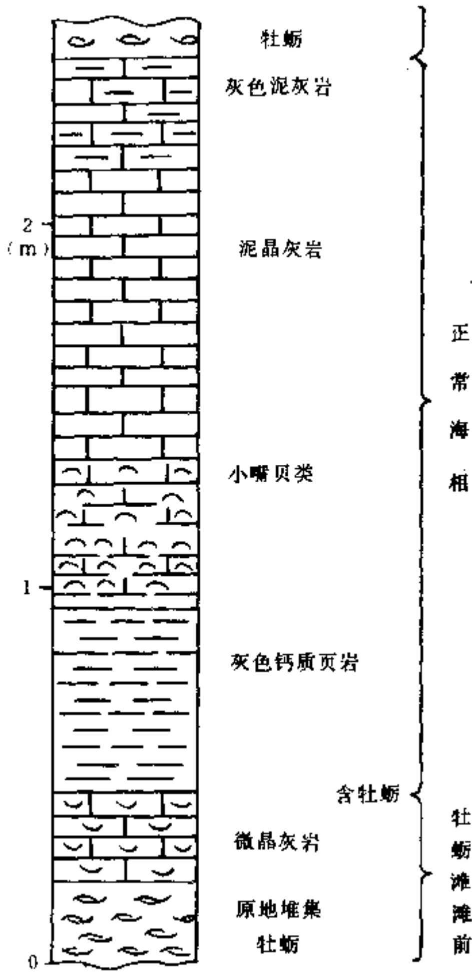


图 2-4-4　羌塘那底岗日剖面

第十层浅海沉积剖面

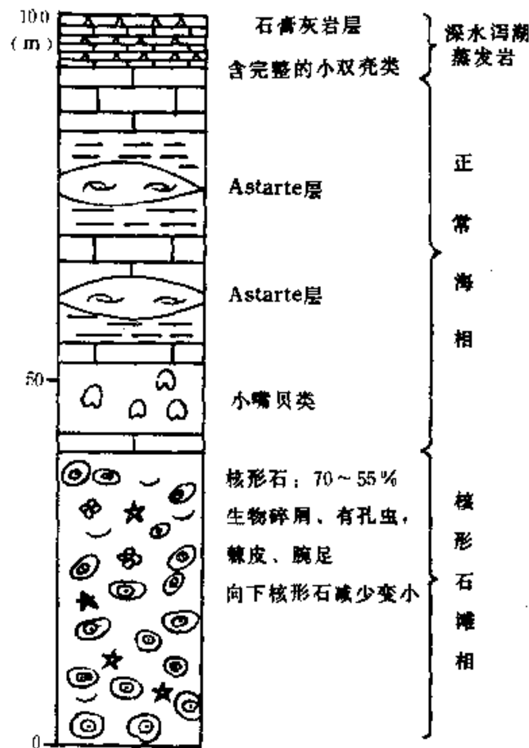


图 2-4-5　羌塘那底岗日剖面

第十三层沉积结构图

从上述资料分析，羌塘地区的侏罗系储集层是比较好的，盖层也具备条件，其生、储组合条件也是较好的。

3.羌塘地区白垩纪—第三纪沉积环境

中生代晚期至新生代，受青藏高原整体抬升的影响下，本区急剧地结束了海相沉积历史，并发育了晚白垩世至第三纪的一套红色陆相建造，据吴瑞忠意见，将该套地层划分为上白垩统阿布山群（K_{2a}），下第三系双群湖下组（ES_a）及上第三系的双湖群上组（NS_a），总厚 3345 米。

从其沉积特征分析是一套干旱气候条件下陆相山间盆地的红色建造。粗粒沉积比例高，沉积类型多，厚度大并且相变较快，这种特征在西藏高原上具有相似的反映。这套山麓堆积组合，余光明等将其划分为冲积扇、河流、湖泊和扇三角洲四种沉积环境。其中除干盐湖沉积之外，均为阿布山群和双湖群下组的沉积类型（表 2-4-3）。

表 2-4-3　羌塘西雅尔岗区上白垩统—第三系岩相划分表

地层时代			厚度 m	岩性	相旋回(由下向上)
新第三系	双湖群	上组	1268	红色砂质泥岩，粉细砂岩夹砂岩，见有石膏	干盐湖，偶夹干旱河流沉积
老第三系		下组	1117	紫红色中厚层砂岩，砂质砾岩，向上变为厚层砾岩夹石灰岩。	碎屑湖泊—扇三角洲—冲积扇
上白垩统	阿布山群		959	紫红色中厚—块状砾岩，向上变为含砾砂岩	坡积物—冲积扇—扇三角洲—碎屑湖泊—扇三角洲

(1) 冲积扇类型　这种沉积环境在本区最为发育，标志也十分明显。根据水动力条件和沉积特征，可以划分为扇头、扇中和扇尾三个带。

1) 扇头区　主要沉积物为粗粒砂岩和砾岩，主要类型为泥石流及河道充填所形成的砂砾岩。此外还有河道充填沉积（图 2-4-6）。

2) 扇中区　主要沉积类型为片泛沉积，季节性游荡性河流和泥石流沉积为主，也有一些风成沉积。

3) 扇尾区　主要类型为片泛沉积夹有泥石流砾岩。常见递变层理。

(2) 三角洲沉积　本区可划分出两种类型，一种为扇三角洲，另一种是在构造稳定期河流注人湖盆形成的吉尔伯特型三角洲。本区以前者为主。按照沉积特征，可将其划分为底积层，前积层和顶积层。

底积层为粉砂岩及粉砂质泥岩互层，处于三角洲前缘位置。前积层由含砾砂岩、岩屑砂岩及粉砂岩组成。前积层为三角洲前缘环境，主要由扇中的砾岩、砂岩夹少量泥质粉砂岩组成。从图 2-4-7 中可以看出冲积扇与湖相沉积交互的情况。反映出在顶积占优势的环境，是河道较浅、宽度不大、改道频繁的分支河流，即扇三角洲平原环境。

据上述可知，扇三角洲有冲积扇的河道和泥石流的沉积作用。其中河流与泥石流沉积作用的交替变化，反映了冲积扇扇中、扇尾的伸缩性沉积特征。泥石流的沉积作用又导致了湖泊中的浊流沉积（余光明等，1987），(图 2-4-8)。

(3) 湖泊沉积　主要是晚白垩世末期及第三纪。按其沉积物特征可划出碎屑湖泊（包括过渡性湖泊）和季节性干盐湖。

1) 碎屑湖泊　可以分为滨湖、浅湖和深湖沉积。滨湖特征是灰白—灰绿色为主，由岩屑砂岩组成，岩屑成分多为板岩及片岩居多，胶结物为方解石。砂岩表面有时见孔雀石及蓝铜矿，层面见较多植物树杆。浅湖的岩性为粉砂岩及细粒岩屑砂岩，一般分选好，岩层呈薄层状，层理是小型砂纹层理及波状层理。深湖沉积主要为粉砂质泥岩及粉砂岩和石灰岩、泥

岩。岩层系为薄层状，水平层理。

2）干盐湖沉积　是一块有蒸发岩沉积无植物生长的范围，主要出现在上第三系的上部。主要以细粒沉积为主，占98%以上，岩性以红色细粒砂岩、粉砂岩、泥岩为主。已从高能的冲积扇转变为低能的湖泊沉积，此种类型沉积物厚1200余米。干盐湖沉积的另一特点为浅水沉积为主，水位变化大，并交替出现干旱标志。因而含盐度高，但沉积分异作用不明显。没有单独的盐层出现，盐类系以硫酸盐形式呈结核状或板状晶体，产于碎屑岩中。余光明等提出了冲积扇沉积体系模式图，以表示这种相互关系（图2-4-9）。

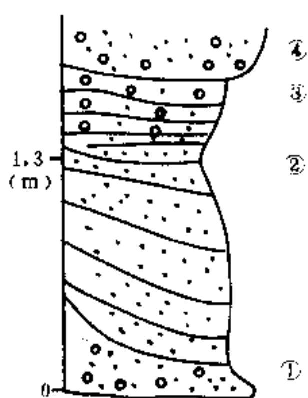


图2-4-6　河道充填沉积剖面

①河床滞留砾岩；②河道充填砂岩；③板片状、片沢砂砾岩；④另一旋回

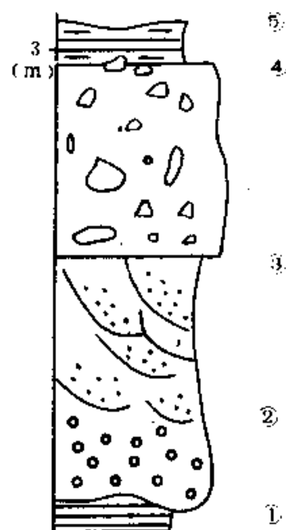


图2-4-7　扇三角洲顶积层沉积剖面结构图

①湖相泥岩；②河道滞留砾岩；③河床砂岩；④泥石流砾岩；⑤湖相页岩

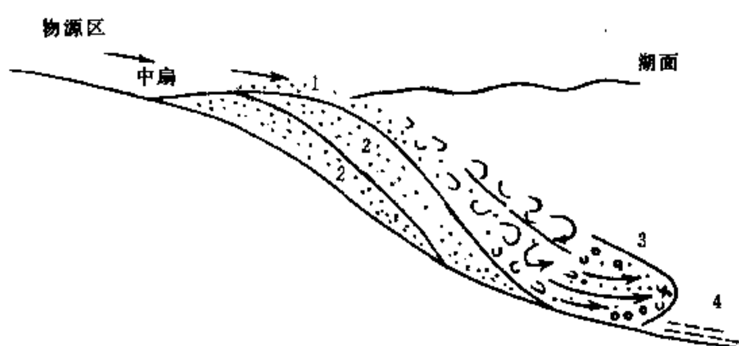


图2-4-8　三角洲沉积模式

1—泥石流；2—辫状河道；3—泥石流变为湖相浊流；4—深湖相

二、班公—丁青断陷盆地

这个盆地主要指班公—怒江断裂带的西段，它为一组断陷盆地。出露宽度不等从十几公里到几十公里。余光明、王成善等认为这是一条转换断层，存在的时限为侏罗纪，最早从晚

三叠世开始。其依据是：在侏罗纪末期，在这个断陷内形成的一些具有"岛弧"性质的洋壳，蛇绿岩发生了构造侵位，随后又被下白垩统所覆盖；据蛇绿岩中放射虫硅质岩的鉴定，它们形成于侏罗纪（潘桂棠等）；与蛇绿岩相伴生的地层时代也主要是侏罗纪。

1）本区通常只有中上侏罗统发育，还未发现有确切的下侏罗统。晚三叠世还属陆壳性质。汪明洲（1984）在东巧—江错地区建立的上三叠统学曲组，为一套灰黑色粉砂质泥质板岩、大理岩、砂质灰岩及火山岩，厚度大于4500米，为一套陆缘的类复理石沉积。在同一地区，汪明洲等还建立了中侏罗统巧里湖组、灰穷组，上侏罗统摩天岭组，厚度分别为1000余米、4500米、3500米，总厚超过9000米。中、上侏罗统如此之厚，是其他地区所没有的。侏罗系之间以及同下伏上三叠统均为不整合接触。东巧组（K_1）不整合于其上，为一套底砾岩、砂岩和石灰岩。从上述侏罗系各组岩性特征分析，巧里湖组反映了东巧地区（盆地）在转换拉张初期的局限小海盆的特征，杂色砂砾岩代表了在东巧小海盆内扇三角洲沉积；灰穷组反映了东巧盆地进一步扩张的结果，沉积了深水的黑色千枚状泥质板岩，并出

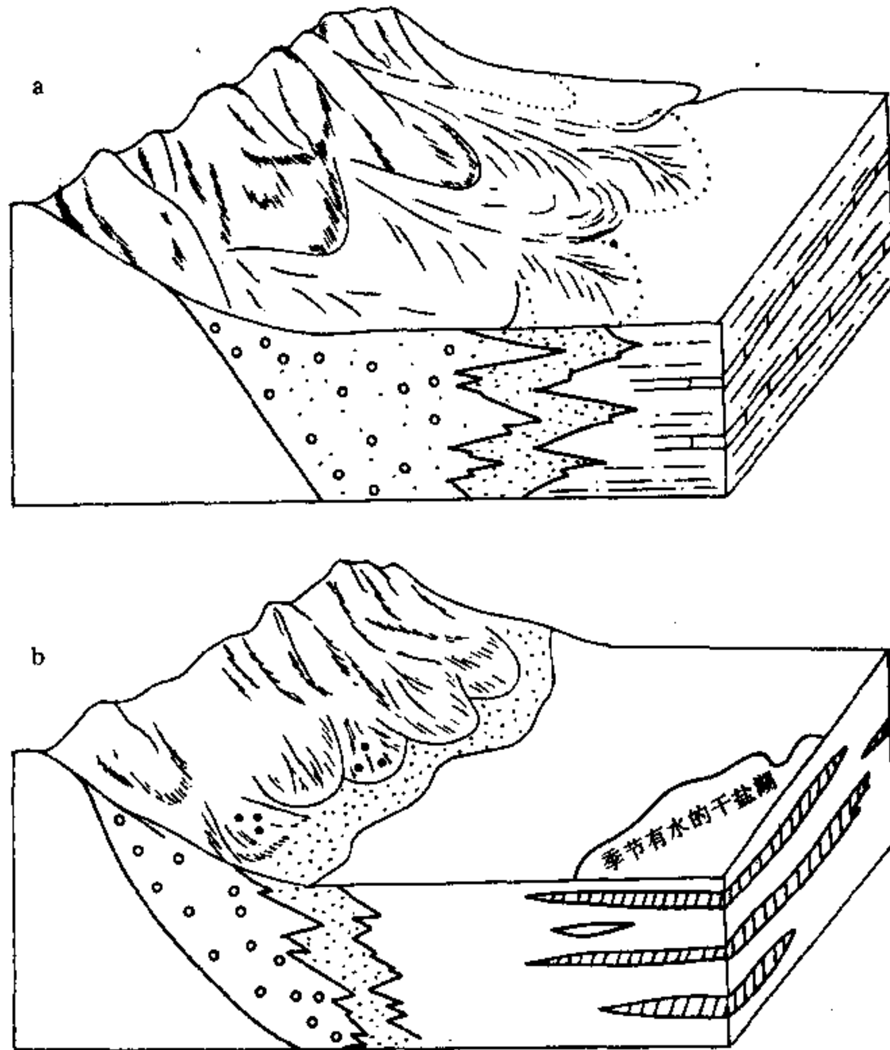


图2-4-9　羌塘西雅尔岗晚白垩世—第三纪沉积模式图

a—季节性干旱气候；b—干旱气候

现了陆坡环境的混杂岩。摩天岭组代表了不整合面以后的滨海浅海沉积和礁相沉积，硅质的出现同火山岩作用有关。在侏罗纪末转换断层结束了它的发育过程（图 2–4–10）。

总之，东巧地区侏罗系沉积有以下特点：

· 沉积厚度大（>9000 米），粒度粗，反映快速的垂直构造运动和堆积作用。

· 相变迅速，主要是陆源扇三角洲进入盆地的产物，进入盆地后与深水的细粒沉积、硅质沉积在一起，成为深水浊积沉积。

· 出现了陆坡的滑塌沉积，反映了盆地边缘陡峻，并在同一层系中出现了不整合。余光明等认为，这几点完全可以同 Reading 的关于转换盆地相对比，其沉积模式如图 2–4–10。

2）班戈地区侏罗系也只有中统及上统。中统黑山组下部为灰黑色中厚层状灰岩，上部为灰色泥岩、泥灰岩不等厚互层，共厚 700 米以上。上统龟山组下部为钙质岩屑砂岩、黑色泥岩与石英岩互层；中部为紫杂色砾岩夹安山岩、粉砂岩、泥岩；上部为灰黑色含砾页岩夹砂质泥岩、粉砂岩，总厚 2380 米。班戈位于东巧之南，其沉积特征与东巧地区基本相同，只是在时间上晚了一个层序，可能这同离主断裂稍远有关。

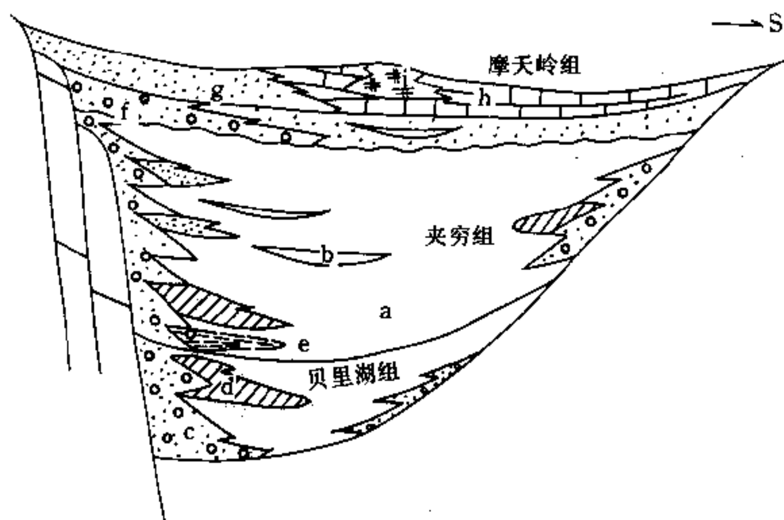


图 2–4–10 东巧地区侏罗系沉积模式图

a—泥质岩；b—硅质岩；c—扇三角洲砾岩；d—浊积扇砾岩；e—滑塌沉积；f—滨海砾岩；g—滨浅海砂岩；h—石灰岩；i—层孔虫礁灰岩

班戈之西的改则盐湖地区，侏罗系沉积迅速变薄。相当上统地层，岩性为中粗粒岩屑石英砂岩夹生物碎屑灰岩，富含化石，可见厚度 150～170 米。沉积环境为正常的滨浅海，同邻区相比，岩相和厚度都有很大变化，反映了转换带各深水盆地之间的浅水区。

从以上几个区段的分析，余光明等对班公—丁青转换盆地的沉积特征提出以下认识：

· 在中小沉积盆地，沉积厚度大（东巧、尼玛、改则、班公湖）向中心沉积盆地四周厚度变小。

· 岩相变化大，反映在垂向上和横向上，含有大量的砾岩沉积，如改则、班公湖和东巧地区。

· 有海相扇三角洲、浊积扇、滑塌堆积，反映盆地具有陡岸的特点，在侏罗系地层内不

整合发育，说明其活动性。

3）在班公—丁青断裂带（盆地）内断续出露一系列蛇绿岩体，经王乃文鉴定的硅质岩中的放射虫，时代为侏罗纪。在东巧区蛇绿岩为下白垩统所盖覆（汪明洲，1980），改则地区则伏于郎山灰岩（K）之下，班公湖区上覆地层也为白垩系。因此，可以确定班公—丁青断裂带分布的蛇绿岩，其生成时代应为侏罗纪，其构造侵位时间应在白垩纪以前。王希斌等提出为转换拉张作用形成，在转换断裂带上有的区是转换拉张，有的是转换挤压。在拉张区可形成深海盆地，或有蛇绿岩形成，在挤压地区形成褶皱高地或剥蚀区，这可能是蛇绿岩断续分布的原因。

班公—丁青断裂带（盆地）的侏罗系多已变质，对找油已失去意义，而海相白垩系沉积条件较好又未变质。在这个基础上发育的陆相第三系断陷盆地，具有较好的油气形成条件。这个问题将在后边再加以叙述。

三、冈底斯北缘盆地

（1）盆地形成时期　这个沉积区包括班公—丁青断裂带以南，冈底斯北缘的沉积区，即上文所提的昂拉仁错盆地及措勤盆地的部位。本区三叠系分布不广，只在热玉、山扎一带有上三叠统江措组出露，主要为一套灰黑色的砂质板岩与板岩互层，夹石灰岩、凝灰岩，总厚达 7000 米，下部含双壳类化石，分析其特征应为滞留深海环境的类复理石沉积。侏罗系分布较全，主要发育在东部，为下侏罗统桑巴组、中侏罗统柳湾组和上侏罗统贡塘组，从岩性特点看，本区侏罗系具有滨浅海沉积的特征。整个侏罗系厚度可达 4800～12000 米，因此，其性质具有被动陆缘盆地的特点（余光明等，1987）。根据大量资料说明班公—怒江洋盆闭合于侏罗纪末期—早白垩世之间，该盆地也大致形成于此期间。

当班公—怒江洋盆封闭之后，其南侧即冈底斯北缘为沉降区，余光明等称为弧背盆地，基底属陆缘性质。本区白垩系比较发育，如奇林地区下白垩统蛤蟆山组、多坝组、郎山组，上统为竟珠山组。蛤蟆山组为一套滨浅海及滨岸沼泽环境沉积的陆源碎屑岩，泥岩夹石灰岩，局部夹煤层，厚 2300 余米，富含化石（图 2–4–11）。

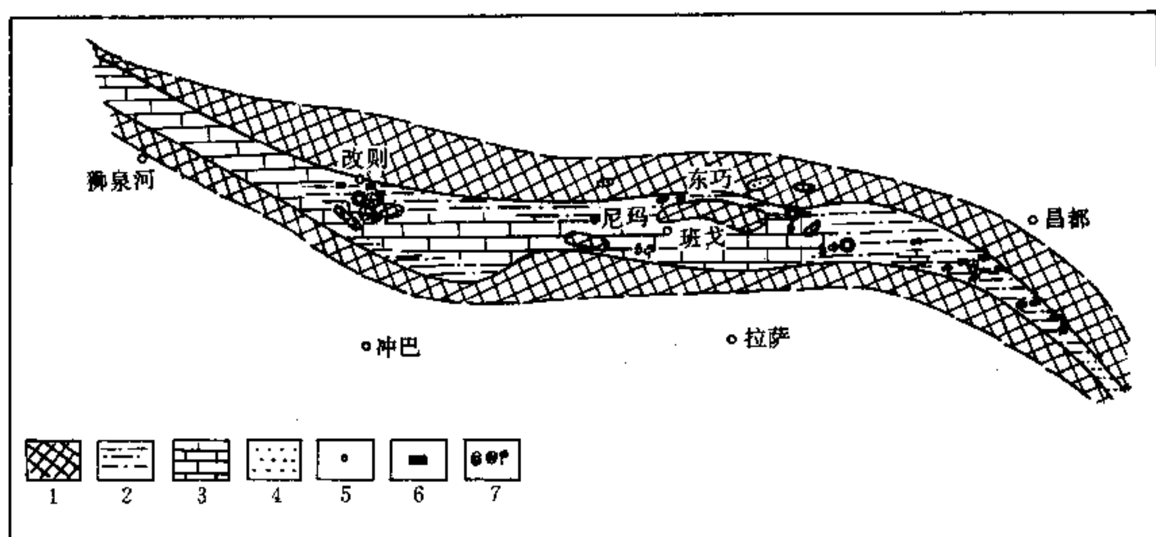


图 2–4–11　冈底斯北缘盆地早白垩世岩相图

1—隆起区；2—海、陆交互相砂页岩；3—浅海相页岩、石灰岩；
4—内陆湖相砂砾岩；5—剖面位置及厚度；6—煤产地；7—动物化石

多坝组亦为滨浅海相沉积的碎屑岩夹火山岩，厚1837米，产有孔虫、腹足类化石。

郎山组为石灰岩相，为典型的碳酸盐岩台地沉积，产大量的有孔虫及双壳类化石，并形成了厚壳哈礁及圆笠虫礁相，厚1300多米。本套地层富含有机质，在伦坡拉西部见油气显示，储集条件也相当好。竟珠山组不整合于郎山组灰岩之上，为一套砂岩、砾岩夹泥岩沉积，厚4600余米。

上述岩性说明冈底斯北缘沉积区，在白垩纪为一套浅海、滨海环境的砂泥岩、石灰岩沉积，整个下统厚5500余米，夹有火山岩，分析同雅鲁藏布江扩张有关。竟珠山组反映了弧背盆地的消亡，其岩性属于一套陆相磨拉石沉积。

班戈以东已无郎山灰岩沉积，至昌都为滨岸沼泽和陆相沼泽沉积。向北至羌塘地区也变为一套厚2000余米的红色陆相和碎屑沉积。

(2) 主要沉积环境　冈底斯北缘盆地中的早白垩世沉积物，呈现一种复杂的相变关系。陆源碎屑、碳酸盐岩沉积物和火山碎屑均有分布，三者共存。在垂向上，一般出现从陆相—海、陆交替—海相这样一种层序。在郎山灰岩沉积之前，也出现过从河流—三角洲—浅海相有规律的变化。根据其岩性、化石组合，仍然可分出残积—风化壳环境、河流环境、河流三角洲和扇三角洲组合、滨岸沼泽组合和浅水碳酸盐岩（礁、滩）组合和火山碎屑组合，总的来说上述环境应属于海、陆过渡相及浅海相沉积。现对火山碎屑岩类型及浅水碳酸盐岩类型分述如下。

1) 火山碎屑岩类型　在冈底斯北缘盆地火山碎屑岩沉积是一种较重要的沉积类型，各区火山作用的产物可以对比。盆地北缘早白垩世的火山岩以安山质—流纹质成分为主，火山碎屑占主要地位，申扎、措勤一带主要以各种凝灰岩占绝对优势。这些火山碎屑岩类基本上可分为两种沉积类型，即火山降落堆积物和火山重力流沉积物。

2) 浅水碳酸盐沉积类型　本区在早白垩世早期复杂的沉积阶段之后，盆地趋于稳定，从早白垩世开始的海侵逐步进入高潮，除盆地边缘见有一些边缘相之外，整个盆地出现非常均一的沉积局面，就是郎山灰岩代表的碳酸盐岩台地沉积。它分布于狮泉河（西部）至纳木错一带（东部），厚100多米至2700余米，班戈—措勤—改则—革吉—狮泉河均为当时的沉积中心。主要有圆笠虫、厚壳蛤及腹足类、腕足类、珊瑚类、藻类等浅海相化石组合。根据化石确定，它代表着早白垩世晚期—晚白垩世早期的地层。

一个值得注意的现象是除了被侵蚀后残留的盆地边缘相地层中见有碎屑岩外，很难在其他区再发现碎屑岩地层。尽管盆地四周的古陆相对高差较大，陆源碎屑量带入相当大，但受正断层控制的、近岸的深水泻湖对这些陆源碎屑岩是一个圈捕盆地，因此，在陆棚内可以发育很好的滨外台地。

由厚壳蛤和圆笠虫及其他生物组成的礁体大都属于斑礁的性质，数个斑礁可构成斑礁群，如改则城南在不足一平方公里范围内，有6～7个礁体分布，礁体高1～5米，共同组成了一个碳酸盐岩台地组合，有时一个单独的礁体也可以形成一个组合，如图2-4-12就是一个小型礁体组合，四周为一套藻类及个体珊瑚、腹足类所包围。

这些厚壳蛤类和其他造礁生物一起所组成的、显著地貌隆起的厚壳蛤礁，东起班戈县西至日土县都有发现，它们全属点礁类型，其顶部往往出现能量较高的浅滩相沉积物。在本区更为常见的是由厚壳蛤生物灰岩和圆笠虫灰岩组成的、没有显著地貌隆起的生物层或生物丘，每一旋回厚1～2米，厚壳蛤的含量一般在30～40%左右，部分为异地成因，基质充填物为藻砂屑和泥晶，这些类型都具有很好的储集条件。

根据上述特点结合地层、构造等项资料，余光明等提出白垩纪时冈底斯北缘盆地的演化模式图（图 2-4-13）。

四、冈底斯—念青唐古拉沉积区

这个地区指雅鲁藏布江断裂带以北，大致以狮泉河、昂拉仁错及纳木错的南缘一线为其北界，向南呈弧状的狭长地带，即通常大家所指的冈底斯火山弧地带。余光明等称之为冈底斯—念青唐古拉弧内盆地沉积区。在这个沉积区的盆地为不连续的分布，自西而东为杏改盆地、拉萨盆地、泽当盆地等。其中研究详细的有拉萨盆地。

1）拉萨盆地的基底由两套地层组成，一为前寒武系的念青唐古拉群片麻岩，一套是上古生界中石炭世—早二叠世的地台型沉积，后者以冈瓦纳冷水动物群为特征，中石炭统冰碛含砾板岩的沉积多处可见。缺失下三叠统和下侏罗统，盆地主要沉积建造为中生界。中三叠统下部为硅质岩、石灰岩、生物碎屑灰岩夹安山质凝灰岩；上部为安山岩、凝灰岩夹石灰岩，富含化石。上三叠统为麦龙岗群，下部为石灰岩、泥岩互层，中部为砂岩、泥岩互层，上部为凝灰质页岩夹安山岩，厚度超过 1000 米，石灰岩富含化石。从岩性特征分析，应属于特提斯洋早期较活动的构造背景。



图 2-4-12 日土县蔡古道沟甲岗群（郎山组）一个厚壳蛤礁素描图

①黄绿色薄层笠虫泥质灰岩；②礁体；③黄绿色圆笠虫泥灰岩夹砂质灰岩

A—为礁顶及礁缘角砾灰岩；B—碎屑角砾灰岩

2）侏罗系为中上侏罗统的却桑温泉组与上侏罗统却桑寺组。却桑温泉组超覆于中三叠统和上三叠统之上，反映了三叠系同中侏罗统间有一明显的间断。白垩系主要是在侏罗纪局

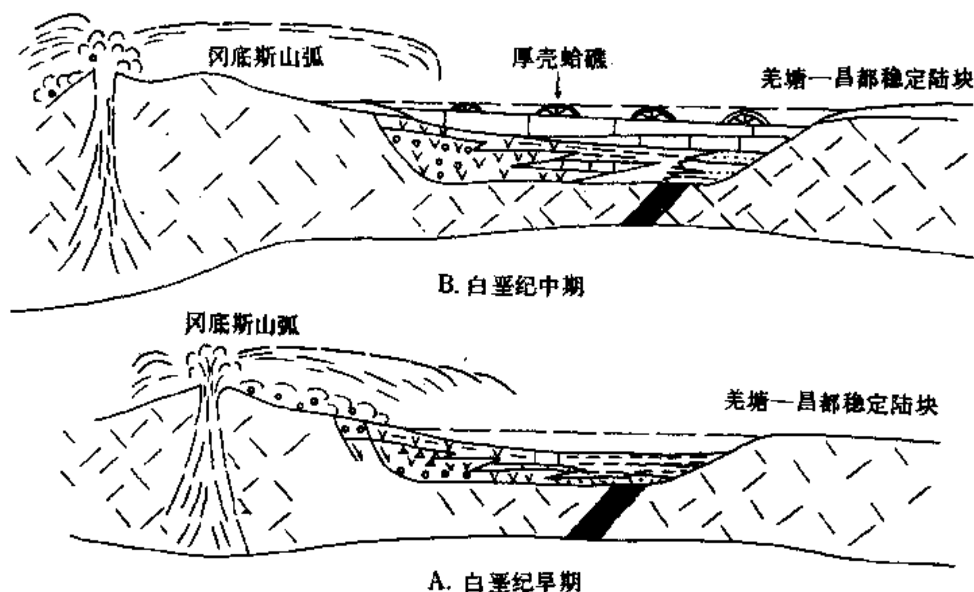


图 2-4-13 冈底斯北缘盆地演化模式图

限线海湾及滨海沼泽的古地理基础上，沉积了一套障壁海岸、滨浅海及火山碎屑沉积。其最大特点具有局限性，主要沉积层序为广海海岸—局限海湾—障壁海岸—火山碎屑建造—陆相磨拉石（第三系）。

白垩系可分为下白垩统林布宗组（图 2–4–14a）、楚木龙组（图 2–4–14b）、塔克拉组（图 2–4–14c）和上白垩统设兴组（图 2–4–15a）、典中组（图 2–4–15b），其间为整合接触。主要岩石类型有陆源碎屑岩、火山碎屑岩和碳酸盐岩。火山碎屑岩以中酸性为主，在剖面上有自下而上逐渐增加，在晚白垩世至早第三纪时火山岩、火山碎屑岩大量出现，成为火山岩—火山碎屑岩建造。这主要同消减带活动边缘弧的形成有关（余光明等，1987）。

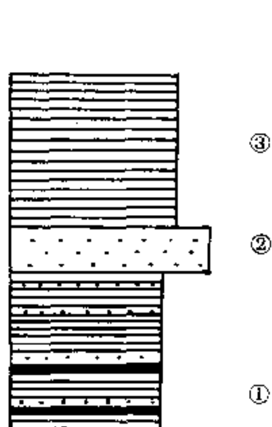


图 2–4–14a 拉萨地区林布宗组沉积层序
①滨岸充水沼泽环境；②海岸近滨带；③浅海陆棚环境

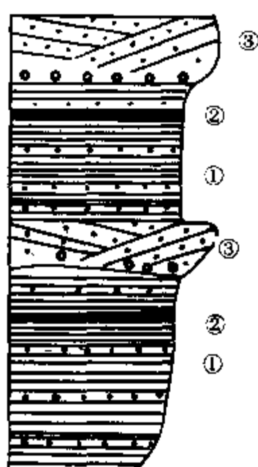


图 2–4–14b 拉萨地区楚木龙组沉积层序
①海滩沙脊；②灰质页岩；③海岸—近滨带沉积

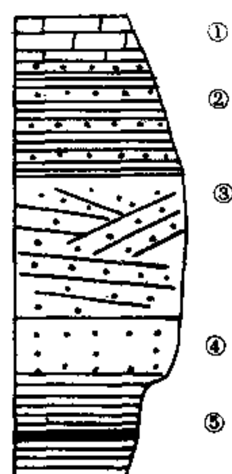
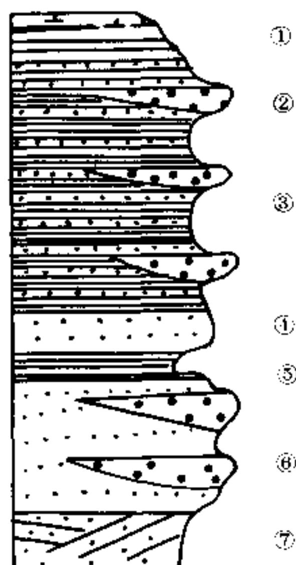


图 2–4–14c 拉萨地区塔克拉组三角洲沉积层序
①浅海内陆棚砂质灰岩；②前缘席状砂泥岩沉积；③河口沙坝沉积；④海岸前滨带；⑤滨岸充水沼泽沉积

3）冈底斯南缘盆地当晚白垩世喜马拉雅陆缘向冈底斯陆块之下俯冲时，于冈底斯南缘形成了一个典型的弧前复理石沉积盆地（余光明等，1987），即日喀则盆地。岩石主要为灰绿色及褐黄色杂砂岩与粉砂质页岩互层夹少量砾岩和石灰岩，偶见动物化石。这套地层是近陆缘的复理石沉积。这套沉积下伏的雅鲁藏布江洋盆地层，是连续沉积，向上则为晚白垩世至第三纪的磨拉石建造。这套建造自狮泉河向东断续发育达 1000 多公里，厚度超过 3000 米，代表了雅鲁藏布江缝合带关闭后，海水退出，冈底斯南缘继续抬升，于南侧坳陷中堆积而成的。

五、藏南盆地沉积区

这个区域指北喜马拉雅断裂带以北，雅鲁藏布江断裂带以南一带（不包括雅鲁藏布江断裂带）。余光明、王成善等称为低分水岭沉积区，这个带包括了象泉河至岗巴、定日等盆地，基底为前寒武系结晶岩系和覆于其上的古生代盖层。从二叠纪地台相沉积到晚三叠世时已变为一个深水沉积盆地，一直经过侏罗、白垩纪后，又转变为藏南残余海盆地的一部分。



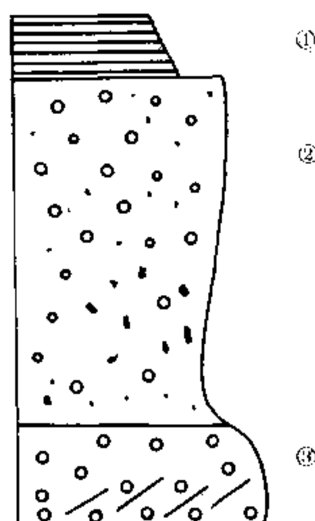


图 2-4-15a 上白垩统设兴组潮坪—潮渠沉积层序

①泥坪夹煤线；②潮渠沉积；③混合坪；④沙坪；⑤淡化泻湖黑色页岩；⑥潮渠；⑦广海海岸环境

图 2-4-15b 上白垩统典中组火山群碎屑岩模式图

①紫红色泥岩，潮上泥坪沉积；②凝灰岩、火山灰、流沉积；③火山角砾岩（为水携沉积）

1）本区晚三叠世末为一套深水盆地的砂板岩夹钙质页岩，泥灰岩，具类复理石特征，反映了特提斯洋张裂初期的局限性特点（表 2-4-4）。厚 3000～5000 米，化石较少，据王连城研究（1981），认为它形成于海洋中较深水还原环境沉积。岩石一般为黑色，主要以壳薄的浮游型海燕蛤为主，并含有大量黄铁矿晶体为其特征，反映了当时属于一种停滞的，较少底流活动的还原环境。

表 2-4-4 藏南盆地中生代地层划分表

时　代	组　名	厚度 (m)
K_1	宗卓组	1140～1832
K_2	加不拉组	2400
J_3	维美组	1009
J_1	日当组	>3000
T_3	朗杰学组（吉隆群）	2000～7000

2）侏罗系分布最广的是上侏罗统。在拉轨岗日以西主要是菊石细屑岩相和远洋灰岩互层，厚约 1000 米，代表了深海环境沉积。在日喀则一带有上侏罗统维美组出露，为一套灰色石英砂岩，黑色钙质板岩夹凝灰岩、硅质岩。化石组合为具有深海特点的菊石—箭石—放

射虫组合，火山岩为拉班玄武岩系列。说明维美组代表了一种大陆碎块与盆地相间的一种深水环境，拉班玄武岩的出现说明具有初始洋壳的性质（图 2-4-16）。下侏罗统日当组主要为一套灰黑色页岩、含菊石化石，厚从 950～3000 米。

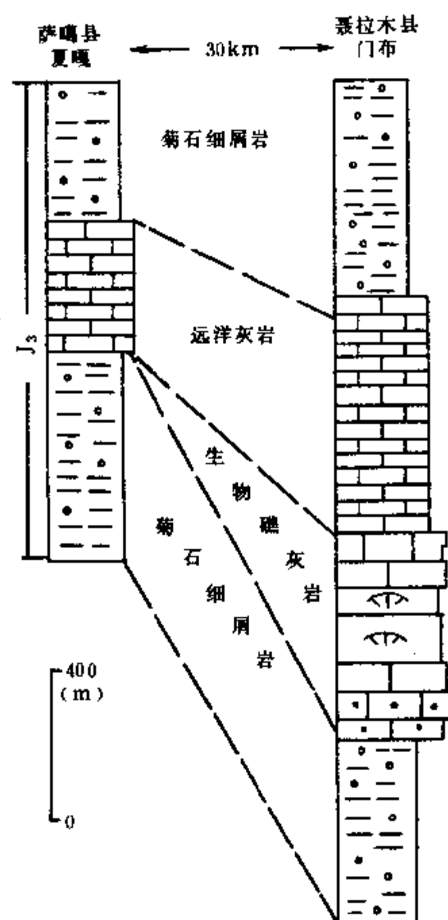


图 2-4-16　藏南盆地与喜马拉雅山区上侏罗统对比图

3）本区白垩系与侏罗系连续沉积，在白垩纪时继承了侏罗纪深水盆地的特点，主要为一套非补偿性的远洋沉积、滑塌沉积和火山沉积物。非补偿性远洋沉积是指页岩及含燧石的泥晶灰岩相，含放射虫及浮游有孔虫化石，含较多的黄铁矿细晶，反映了盆地的滞流特点，厚约 1500～3000 米，时代属中白垩世（图 2-4-17）。

总之，上述沉积特征表明在白垩纪时，本区继承了侏罗纪深海盆地的特征，白垩纪底部中基性火山岩层也是继承了侏罗世的特点。反映了本区在白垩纪时也具有洋壳的性质。黑色页岩比较稳定，也可以同地中海的黑色页岩对比。从构造上分析，本区中生代地层分布十分广泛，沉积厚度巨大，与晚古生代的那种厚度较薄的稳定沉积相对比，说明在中生代已进入一个显著不同的新阶段——盆地的扩张时期。在晚侏罗世玄武岩又再次喷发，并一直延续到早白垩世，这种拉斑玄武岩表明已具有洋壳的性质。余光明、王成善等提出了西藏白垩纪板块构造—沉积模式图（图 2-4-18），可以大致了解几个盆地的相互关联。

六、喜马拉雅陆缘沉积区

1）本区是指北喜马拉雅断裂以南的扎达至岗巴一带（见图 2-4-19 及表 2-4-5）。由于大致沿喜马拉雅山脉延伸，余光明等称之为喜马拉雅沉积区。

基底为前寒武纪为中—深变质岩，其上盖覆有厚 4000 米的碳酸盐岩夹碎屑岩的连续地台型沉积。中、早三叠世以碳酸盐岩沉积为主夹碎屑岩，也为地台型沉积。本区从晚三叠世开始已从印度北缘的稳定地台转变为被动大陆边缘环境（刘宝珺，1984），随之，在晚白垩世末至早第三纪时又转变为藏南残余海盆地。从晚三叠世至白垩纪本区共沉积了厚 6000 余米的海相地层，而且岩层只有局部受到轻微变质作用。其中侏罗系厚 4000～6000 米，较下伏的三叠系（1000～2000 米），古生界（4000 米）要厚得多，反映了侏罗纪时期喜马拉雅一带具有强烈的坳陷性质。

2）沉积类型多样。中生代时（表 2-4-6）喜马拉雅沉积区已属被动陆缘，其沉积类型多，不仅有深海、浅海沉积，也出现了生物礁和浊流沉积，同时还发育了远洋和半远洋灰岩和断陷海盆内的沉积物。

从晚三叠世到晚侏罗世的大体的沉积层序是滨浅海的陆缘碎屑相（T_3-J_1）；浅水碳酸盐岩相夹潮坪白云岩相（J_1-J_2）；远洋的颗粒藻泥晶灰岩相（J_{2-3}）；深海菊石细屑岩相（J_3-K_1），这是一个明显的海进过程。

地层 系	地层 组	层号	岩性柱	沉积构造	古生态	岩性简述	相类
白垩系	宗卓组	22, 23		AB		22, 23 砂岩夹页岩	浊流
		21				21，灰白色泥晶灰岩	
		18～20				18～20，紫红色灰绿色泥岩	滑塌和远洋沉积
		17				17，滑塌堆积，基质页岩	
		15～16		AE CE		15～16，灰黑色砂质页岩夹砂岩	
		14				14，同17层	
		13				13，灰黑色砂岩、页岩互层	
		12				12，同14和17层	
	加不拉组	11				灰黑色泥岩夹粉砂岩、含黄铁矿（>5％）	非补偿性的远洋沉积夹滑塌堆积
		10				10，砂岩、石灰岩、基质为页岩	
		9				9，同11层	
		7～8				7～8，灰黑色页岩、泥晶灰岩	
		6		ABCDEF		6，滑塌堆积，同10层	
		4～5				4～5，黑色页岩，粉砂岩夹泥晶灰岩	
		3				3，同10层，具枕状构造	
侏罗系	维美组	1～2					

图 2-4-17　江孜—羊卓雍错白垩纪岩相柱状图

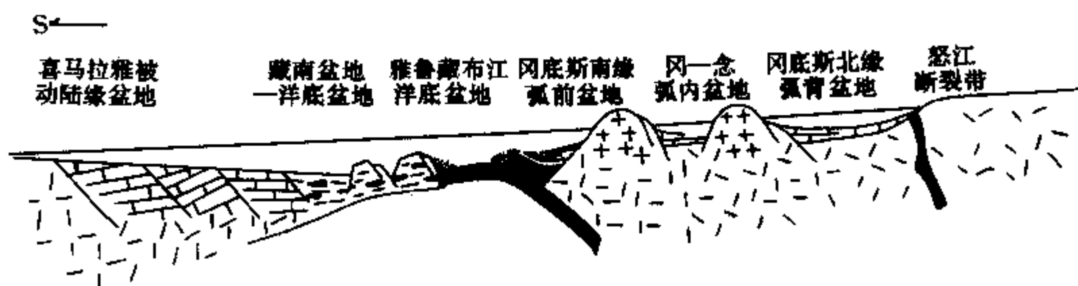


图 2-4-18　西藏白垩纪板块构造—沉积盆地模式图

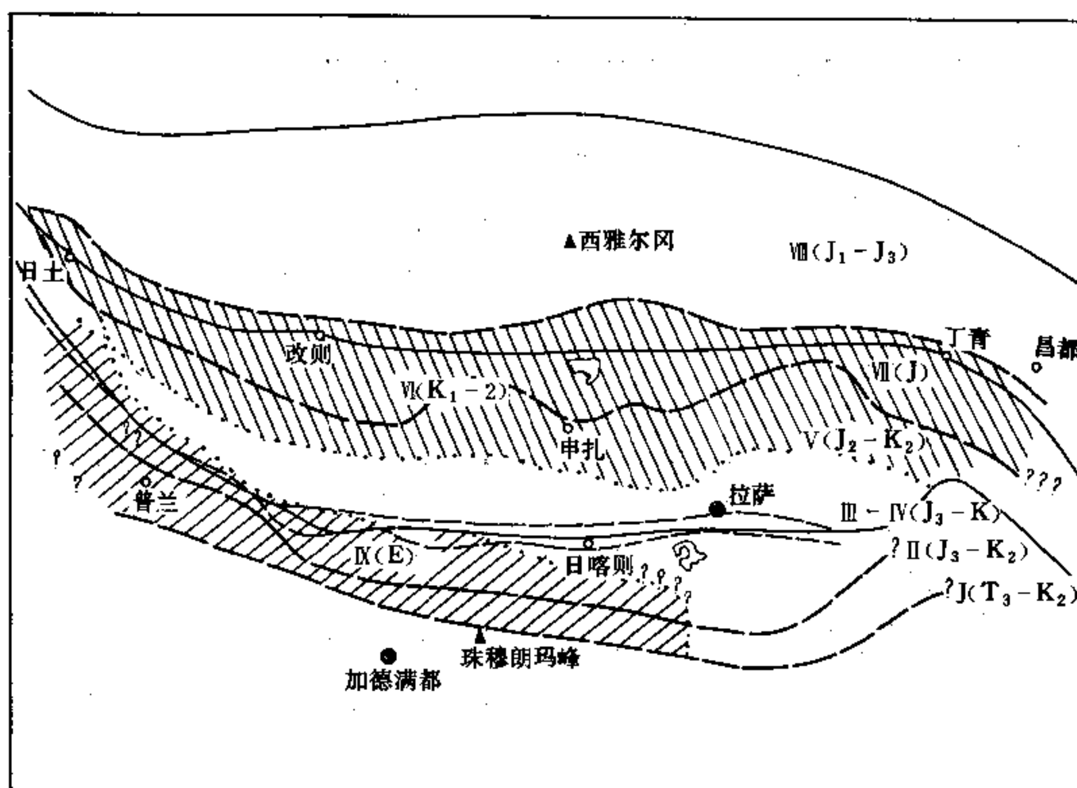


图 2-4-19　西藏晚三叠世—早第三纪海相沉积盆地分布略图

表 2-4-5　西藏地区晚三叠世-早第三纪海相沉积盆地分区图

地区	藏南残余	喜马拉雅	藏南盆地	冈底斯南缘	冈底斯弧	冈底斯北缘	班公—丁青	羌塘—昌都
时代	K_2–E	T_3–K_2	T_3–K_2	K_2	J_2–K_2	K_{1-2}	J_1–K_1	J_{1-3}
沉积盆地性质	残余海盆地	陆缘盆地	深海～洋底盆地	弧前盆地	弧内盆地	弧背盆地	转换盆地	陆表海（板内盆地）

（据余光明、王成善）

表 2-4-6　喜马拉雅区中生代地层表

统	组		厚度　(m)
上白垩统	宗山组	K_2	278
下白垩统	岗巴群	K_{1-2}	970
上侏罗统	休莫组	J_3^3	1782
	门部组	J_3^2–J_2^3	510
中侏罗统	拉弄拉组	J_2^2	>741
	聂雄拉组	J_2^1	775
下侏罗统	普普嘎组	J_1	882
上三叠统	德口荣组	T_3	591

本区白垩纪基本上继承了侏罗纪时期被动陆缘的古地理格局，早白垩世继承了晚侏罗世的深水环境，为一套菊石细屑岩相和黑色页岩相，富含有机质。早白垩世变为陆源碎屑与碳酸盐混合沉积的浅海陆棚环境。从晚白垩世开始一直是一套富含有孔虫的碳酸盐岩沉积，为碳酸盐岩陆棚和远洋坡积。晚白垩世末，宗山组为台地相，出现了厚壳蛤礁、圆片虫生物建造以及礁—潮坪组合，显示盆地已进入残余封闭阶段。从油气勘探工作需要出发，现着重对其生物礁环境做进一步叙述。

3）生物礁类型。据余光明、王成善等对本区的研究，认为西藏地区也广泛发育着生物礁和一些碳酸盐岩建隆。它们大都属于特提斯海特有的类型，在喜山区主要分布在晚侏罗世牛津—基米里期的珊瑚礁；晚白垩世陆棚中的牡蛎岩隆；以及晚白垩世的厚壳蛤礁、圆片虫礁。

a.上侏罗统珊瑚生物礁　据刘宝珺（1982），王义刚（1974）资料，在聂拉木区和定日附近有这种类型分布。在定日希木第西山剖面第四层为厚60米的深灰色灰岩，含有大量珊瑚等类化石，岩层多呈块状，也属于这种类型礁。门布区生物礁中造礁生物有六射珊瑚、层孔虫、刺毛虫等类，多见于礁核部分，其次为粘结的有孔虫，呈团块状，主要见于礁的顶部岩层。此外，还有礁坪、鲕粒滩等类型。本区的生物礁是一个滨临陆棚边缘地带的岸礁，由于波浪对生物的破坏，礁前不断形成了塌砾堆积，礁体组合为礁前盆地—窄陆棚边缘—礁体—岸滩—潮坪相（图2-4-20）。

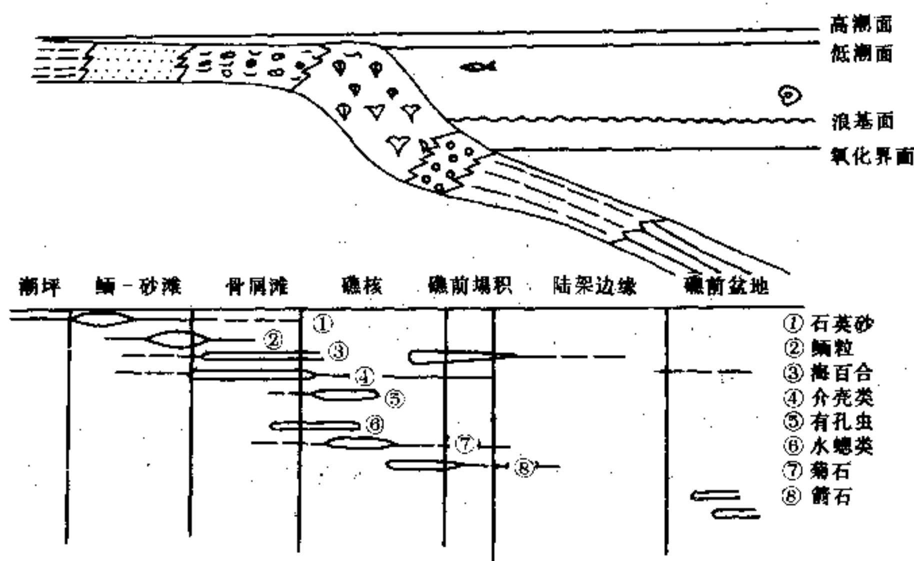


图2-4-20　喜马拉雅区岸礁沉积模式图

b.晚白垩世碳酸盐岩生物建隆　在岗巴一带是厚壳蛤、大有孔虫建隆发育最好地带，向西可能延至定结、仲巴一带。这种类型主要可分为三种类别：厚壳蛤生物礁、圆片虫生物礁（丘）和牡蛎丘。

1）厚壳蛤生物礁　岗巴厚壳蛤生物礁时代为晚白垩世宗山组，主要建礁生物为羚角蛤、辐射蛤和马尾蛤，前者可占建礁生物80%，它具有较强的盐度适应性。根据岗巴厚壳蛤礁的环境可分为9个相带。

1.　岩性为钙质页岩，薄层泥晶灰岩和泥灰岩，厚170米。

2. 暗色碎屑灰岩和粉—细砂屑灰岩，厚 59 米。

3. 礁前塌砾灰岩，为生物碎屑灰岩和塌砾灰岩，厚 30 米。

4. 厚壳蛤组成的礁堤相，泥晶厚壳蛤灰岩，厚 50 米。

5. 灰蓝色有孔虫灰岩，亮晶生物碎屑灰岩，厚 14 米。

6. 灰色中层状含生物碎屑灰岩。

7. 中厚至块状有孔虫厚壳蛤灰岩，为台地内部斑礁和有孔丘沉积。

8. 灰色中厚层状含生物碎屑泥晶灰岩，为泻湖环境。

9. 白云岩质微晶灰岩，有少量石英砂，说明已属潮坪环境（图 2-4-21）。

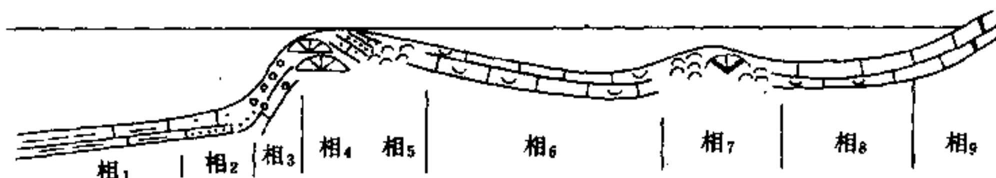


图 2-4-21 晚白垩世厚壳蛤礁—圆片虫丘沉积模式

b.牡蛎丘 这是一种比较少见的生物建隆，可见于岗巴东山，地层时代为晚白垩世。这个生物建隆繁盛于浪基面之下，地势高出海底，又缺乏礁的一些特征，称之为礁丘。

丘底沉积 为黑色页岩夹厚壳蛤碎屑的泥晶灰岩，厚壳蛤碎屑排列无方向，杂乱分布，属快速堆积，常呈透镜状产出，厚 32 米。

丘核沉积 紫黑色牡蛎灰岩，是相互缠绕相伴生长，厚 1～2 米。

丘顶沉积 灰黑色页岩。

礁翼沉积 大多数建隆在其生长期间，一般位于波浪作用影响之下，在礁翼往往形成一些碎屑灰岩，但牡蛎生物丘翼只是一种含菊石的单调页岩。

从上述剖面可以看出，在中生代时期，喜马拉雅地区正处于被动边缘的构造环境，巨厚的中生代沉积，较稳定的沉积类型，并有大量厚壳蛤和其它生物礁的形成，其油气形成条件是很好的，其盖层在一定地区也有分布，主要是圈闭和保存条件需要进一步研究落实。

六、藏南残留海盆地

这个沉积区是指冈底斯南缘至喜马拉雅山一带的第三系而言。在第三纪初期，雅鲁藏布江缝合带已趋于封闭，在主要方面分析这个盆地的基底是陆壳性质。又由于岗巴—定日一带的海相第三系是连续沉积于白垩系之上，是残留下来的海盆，位于稳定的碳酸盐岩台地之上（表 2-4-7）。

1.沉积环境及沉积组合

关于海相第三系的沉积环境，可划分为三种沉积环境组合，四种沉积类型。其中一种为以错江顶群为代表的扇三角洲沉积；岗巴—定日一带的宗浦组是正常浅海碳酸盐沉积；而基堵拉组代表了一种浅海硅质碎屑岩相；此外，在第三系和白垩系交界处，有一种以元素铱所代表的异常及其沉积物。

（1）扇三角洲沉积 本节是叙述分布于冈底斯山弧中段的一些海相和海陆交互相的晚白垩世—第三纪地层，称之为错江顶扇三角洲，又可以进一步划分为冲积扇；扇三角洲前缘（包括席状砂坪和水下冲积扇）；前扇三角洲；浅海沉积四个主要沉积类型（万晓樵，1984，1986）（图 2-4-22）。

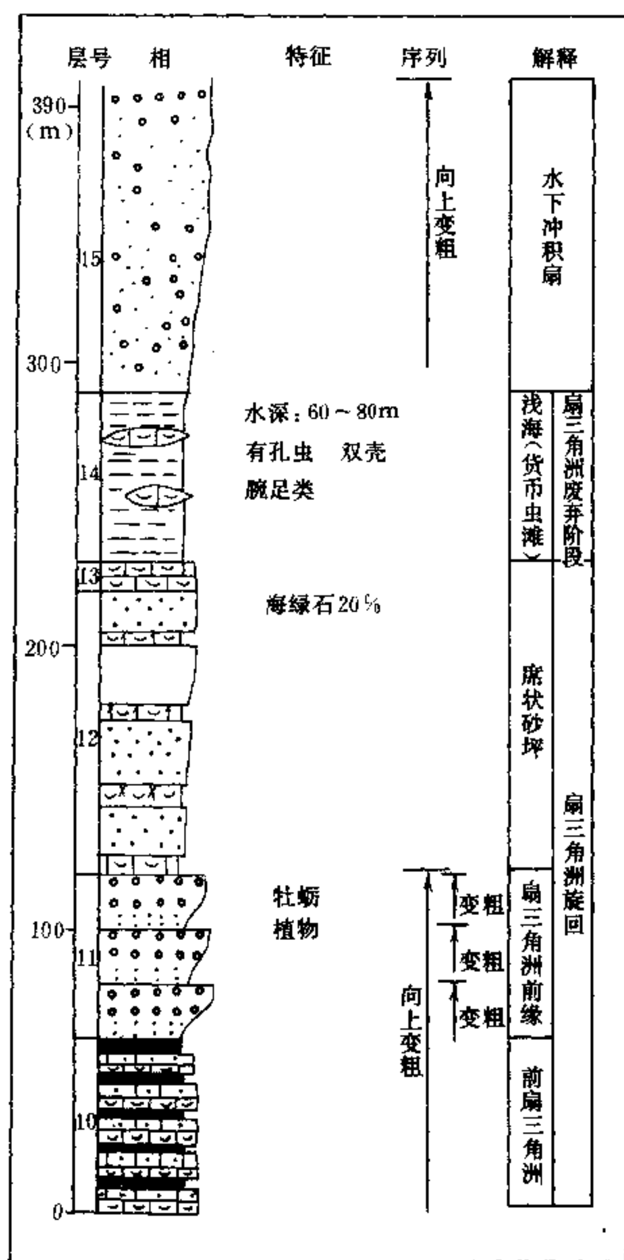


图 2-4-22　错江顶群扇三角洲沉积岩相柱状图

(2) 浅海石英砂沉积　是指第三系底部的基堵拉组砂岩，它代表着世界性的白垩纪末期海退以后重新海侵的沉积物。主要分布于岗巴一定日、亚东一带。在砂岩中除夹有一些砂质灰岩或薄层灰岩、泥岩外，全部为石英砂岩，显示高成熟度的特点。砂岩多为中一厚层，部分为块状。产有丰富的浅海相化石组合，根据沉积特征，可以认为这套砂岩属滨外砂体。

(3) 浅海碳酸盐沉积　分布于岗巴一定日一带的宗浦组，属正常的以碳酸盐岩为主的陆棚沉积，见有大量的藻类、珊瑚虫、腹足类等化石。据有孔虫研究，尽管本区在沉积时海水深度有所波动，但绝大部分有孔虫属于窄盐性生物，很少发现近岸胶结壳类型，反映了其形成环境主要是在浅海地区，有孔虫的分布同岩相关系如图 2-4-23。

表 2-4-7 藏南海相第三系划分表

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">地区
时代</th><th colspan="3">岗巴—定日一带</th><th colspan="5">冈底斯南缘</th></tr>
<tr><th>中国科学院
1974 年</th><th>郝诒纯
1985 年</th><th>余光明等
1987 年</th><th>日喀则幅
1984 年</th><th>中国科学院</th><th colspan="2">余光明等
1987 年</th><th>章炳高
1979 年</th></tr>
<tr><td rowspan="3">始新统</td><td>上</td><td></td><td rowspan="6">宗浦组</td><td rowspan="5">宗浦组</td><td rowspan="3">秋乌组</td><td rowspan="3">冈底斯群(砾岩)</td><td colspan="2" rowspan="2">冈底斯砾岩</td><td rowspan="6">麦粒砾岩</td></tr>
<tr><td>中</td><td>遮普若组</td></tr>
<tr><td>下</td><td rowspan="4">宗浦组</td><td rowspan="4">错江顶组</td><td rowspan="4">秋乌组</td></tr>
<tr><td rowspan="3">古新统</td><td>上</td><td rowspan="3">错江顶群</td><td rowspan="3">加拉孜组</td></tr>
<tr><td>中</td></tr>
<tr><td>下</td><td>基堵拉组</td></tr>
<tr><td colspan="2">白垩系</td><td>基堵拉组</td><td>基堵拉组</td><td>宗山组</td><td>曲欠亚组</td><td>曲欠亚组</td><td>曲欠亚组</td><td>燕山期花岗岩</td><td></td></tr>
</table>

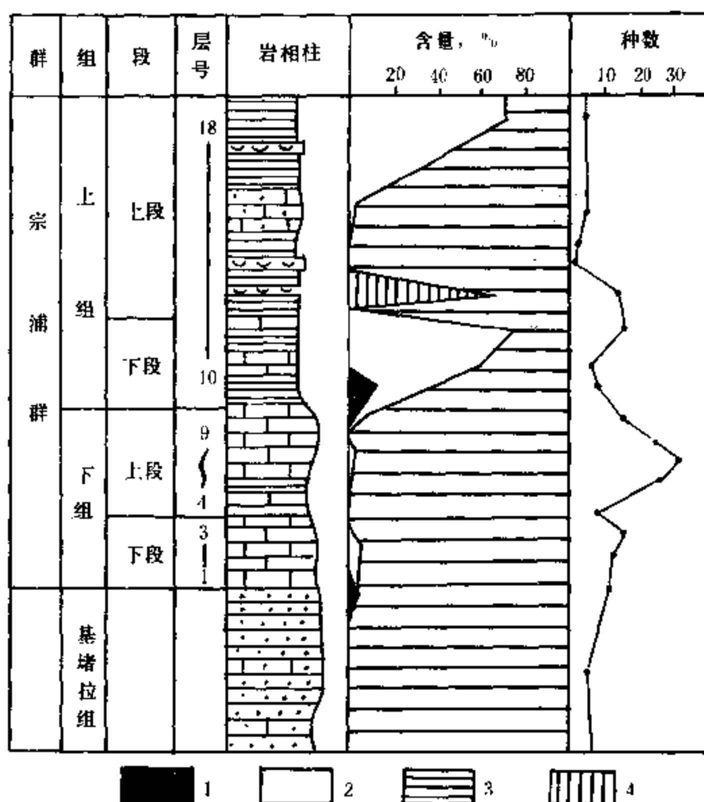


图 2-4-23 西藏岗巴第三纪岩相变化及有孔虫组分对比

1—胶结壳有孔虫；2—似瓷质壳有孔虫；3—钙质微孔壳有孔虫；4—浮游有孔虫

2.盆地的沉积史

晚白垩世末期，随着印度板块向北漂移，特提斯洋开始缩小并逐步封闭，推测在日喀则弧前盆地沉积的错江顶群就是反映这一封闭的开始。与此同时，沿岗巴一定日一线，海盆处于半封闭环境，海洋潮流能量较强，非常纯净的基堵拉组石英砂岩连续沉积于晚白垩世一套厚壳蛤礁之上。大致在古新世末至始新世时期，广泛发育的浅海碳酸盐沉积取代了硅质碎屑浅海沉积。在始新世早期以后，由于北部冈底斯一带可能产生大规模的逆冲作用，海水退出冈底斯一带，错江顶扇三角消失。这种作用当时还未影响到原被动大陆陆缘一带，所以，岗巴一定日一带还继续接受海相沉积，因此在藏南第三纪南海相盆地结束的历史是不一致的。由于这个残留盆地正处在全部封闭之前，海水的能量很低，只沉积了浅海泥质岩。间或有波浪作用波及到海底。在始新世晚期，本区海水才全部退出，结束了西藏特提斯海的演化过程。

第二节 陆相沉积环境

青藏高原在其长期发展的地质历史中，大部处于海洋环境，所以陆相沉积物在本区并不发育，其分布的时代主要于中生代中晚期和新生代，向北部层位逐步向下，即昆仑断褶带的侏罗系全为陆相沉积，而喜山区至始新世以后才成为陆相。从目前已掌握的资料，青藏地区的陆相沉积是以冲积扇为主，并常与辫状河流、扇三角洲和湖泊相的组合和以湖相沉积占优势的盆地沉积环境，这种环境组合还可以进一步细分（表 2–4–8）。但应当指出，本区不发育在陆相中常见的曲流河等。即使有河流相，也表现为一种快速切割，快速堆积的特点，反映了发育不成熟的上游河特征。这些说明在结束海相的沉积环境，开始快速抬升。余光明、王成善等将本区陆相沉积环境划分为：山麓堆积沉积体系，湖泊沉积体系，湖沼沉积体系及火山岩沉积体系。其中山麓沉积体系部分已在羌塘一昌都盆地一节中叙述过，下面分别对其他三项体系加以论述。

表 2–4–8 西藏地区陆相沉积环境分类表

环境组合	沉积类型	实　例
1.山麓沉积体系	A.陆源沉积物 B.夹火山岩的陆源沉积物 C.含煤的陆源沉积物	①羌塘西雅尔岗盆地 K_2–E ②藏南大竹卡组 E_3–N_1 ③藏南秋乌组 E_{1-2} 门士组 E_3–N_1
2.湖泊沉积体系	A.大型碎屑湖泊 B.有机质湖泊 C.盐湖	①藏南沃马盆地（N_2） ②伦坡拉盆地 E_2—N_2 ③藏东宗白群 E_2 ①昌都贡觉盆地 ②羌塘双湖群上组 E_2–N_2
3.湖沼沉积体系	多源沉积物	乌郁盆地（E_2–N_2）
4.大陆火山喷发体系	火山碎屑岩	①冈底斯区达多群 E_1–E_2 ②拉萨林子宗组（E）

一、湖泊沉积体系

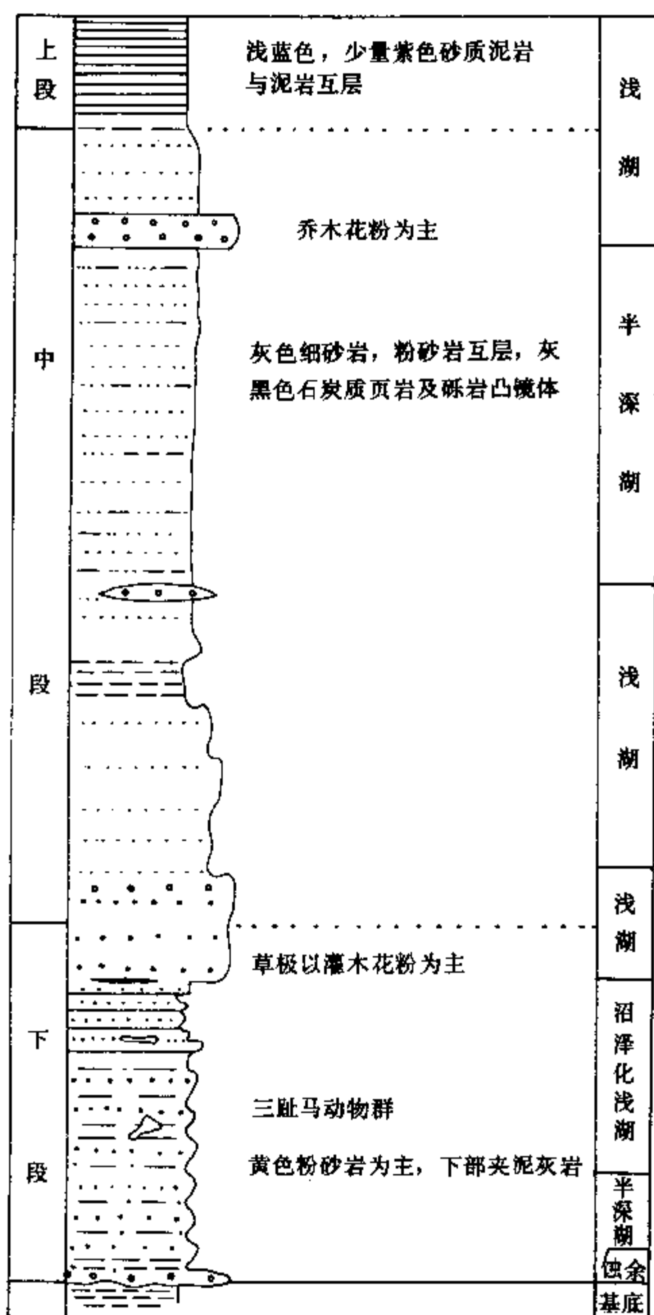


图 2-4-24　西藏沃马盆地上新世沉积综合柱状图

主要指湖泊占优势的沉积环境（上节叙述的湖泊是与冲积扇相联系的一种沉积环境），也包括河流、沼泽等沉积环境，但湖泊的规模始终占重要地位。在西藏地区的陆相沉积中，可以见可碎屑湖泊、有机质湖和盐湖，这种平面上的分布，主要是受当时古气候影响。现分述如下：

1.碎屑湖泊沉积

主要见于藏南的扎达和沃马盆地，具有以下特点：

1）岩性比较简单，以粉砂岩为主，说明地形起伏平缓。

2）有一定数量的碳质泥岩夹层。

3）所含化石基本类似，也含有三趾马动物群，从介形虫、孢粉等分析，气候是从温湿向干旱寒冷方向发展。

从沃马盆地的湖泊沉积特点分析，其沉积类型可分为滨浅湖、浅湖、较深湖及沼泽化浅湖等（图2-4-24）。

可以看出，山麓堆积中的碎屑湖泊与沃马、扎达湖泊盆地比较，前者为粒度粗，多发育扇三角洲，在深湖沉积中还见有重力流的砂砾岩。而后者是一个距物源较远，地形起伏缓，形成一个比较稳定的大型碎屑湖泊。

2.有机质湖泊

西藏的伦坡拉盆地，即属此类型。西藏地质局第四地质大队做过详细的勘探和研究工作，是西藏唯一发现工业油流的盆地。第三系可分为牛堡组（E_n）和丁青组（N_d），是一套典型的断陷盆地沉积，为山麓堆积的粗碎屑岩与暗色岩层（含丰富有机质）组合的沉积。厚度大并有横向变化快的特点，按其沉积条件可划分为滨浅湖、深湖、浊流及扇三角洲等类型。

1）滨浅湖类型　主要见于丁青组顶部（Nd_3），为灰色粉细砂岩、泥页岩夹棕红色泥页岩。

2）扇三角洲类型　见于牛堡组（E_n）的第一、第二岩性段，组成了一个完整的水进式扇三角洲旋回。

3）半深湖—深湖沉积　主要特点是粒度细，出现碳酸盐岩夹层，以水平和波动层为主，化石增多。特别是出现浊流沉积（E_n^{3-1}、和E_n^{3-3}），它是盆地的主要产油层。

4）浊流沉积　见于牛堡组，主要为灰、灰绿色泥岩与灰色泥页岩、砂砾岩互层。砂岩中岩屑含量高，具成熟度低的特点。

伦坡拉盆地这个有机质湖泊沉积的发育过程具有典型的意义。在湖盆发育初期，由于快速断陷，形成了落差200～300米的左旋平移的断层系列（徐正余，1984），形成块断构造。湖盆边缘较陡形成了冲积扇及扇三角洲。以后，湖盆进入了扩张与深陷期，形成了有机质丰富的生油岩系，同时又都发育有浊积体的砂砾岩，推测沿盆地走向，这些扇体会形成浊积扇裙的组合体（表2-4-9）。湖盆的发育最后阶段，地形趋于平缓，湖盆逐渐变浅，结束了湖盆沉积的历史。

表2-4-9　伦坡拉盆地沉积演化表

时　代	发育阶段	主要亚相	主要砂体类型
Nd^{2-3}	湖盆收缩期	滨浅湖	浅滩、滨岸、三角洲
En^{3-3}–Nd^{1}	第二次扩张与深陷期	半深—深湖	浊积砂砾岩体
En^{3-1}–En^{3-2}	第一次扩张与深陷期	深湖	浊积砂砾岩体
En^{2-1}–En^{2-2}	断陷裂谷期	半深—浅湖	扇三角洲
En^{1}	盆地坳陷充填期	冲积扇	冲积扇

3.盐湖类型

在羌塘—昌都盆地一节中已叙述过盐湖沉积，但在这一带中研究最详细，规模最大的是昌都县贡觉红盆，自晚白垩世开始，沉积了近5000米的红色碎屑岩。盐类矿物多以石膏结核形式产出，说明其沉积条件基本相似。

二、湖沼沉积

主要分布于冈底斯—念青唐古拉，沿东西方向展布的一系列第三系盆地，如乌郁、新吉、巴昌—吉布等盆地。乌郁盆地总厚3000米，时代为渐新世至上新世，与下伏地层古—始新世的火山岩之间有沉积间断。这套地层在乌郁盆地划分为日贡拉组（E_{3r}）、芒乡组（N_{1m}）和乌郁群（N_{2w}）。其特点是不但有含煤、油页岩层系，也有陆源碎屑及火山碎屑堆积。同辽宁抚顺地区的第三系煤、油页岩组合有些近似。（孟祥化，1982）。因此，对这些盆地的煤系及油页岩进一步研究之后，可以做出其远景的评价。余光明等将本套地层划分为四种组合。

1）细碎屑岩夹石灰岩组合　为浅—深湖沉积，地层为日贡拉组，厚60米。

2）含煤细碎屑岩+火山碎屑岩组合　为沼泽化湖泊沉积物，夹煤层及煤线，最厚煤层0.5米。在乌郁盆地中有大量油页岩分布，时代属芒乡组（N_{1m}），厚210余米。

3）火山岩组合　时代为乌郁组下部，厚1052米，主要是一套安山岩、英安岩及凝灰岩。

4）灰色含煤、油页岩+陆屑碎屑岩组合，局部仍为沼泽化湖泊沉积物，但部分已属河流相。

三、大陆火山喷发岩沉积

西藏地区中、新生代火山活动多以海相喷发为主，但在冈底斯弧从晚白垩世至早第三纪最剧烈的火山活动，有半数为陆相火山岩。西部从狮泉河向东至拉萨，岩性以中酸性的熔岩和火山碎屑岩为主，夹少量玄武岩。

第五章　石油地质基本条件

根据地层一章所述，西藏地区及青海南部，自前寒武系至新生界都有广泛分布。前寒武系主要分布于西藏高原南北两侧的褶皱带中。而下古生界变质岩系是构成昆仑山、喀拉昆仑、冈底斯山和喜马拉雅山脉的主体。上古生界分布比较普遍，以海相、浅海陆棚相的碳酸盐岩为主夹各类碎屑岩，羌塘一带为稳定的海相碳酸盐岩台地相沉积。晚石炭世出现火山岩及火山碎屑岩。向上厚度增大，组分也增多。中部昂拉仁—唐古拉断褶带石炭-二叠系出现冰水沉积物和冷水动物群，而且在其北部也有发现，说明晚古生代各褶皱带的沉积环境是有明显差异的。

中生界是西藏地区分布最广的地层。除三叠系和部分下侏罗统在喜马拉雅山和巴颜喀拉山褶皱带及大断裂附近已变质外，从总体上看这套岩系自新至老，由南而北依次由海相逐渐过渡到陆相，这套未变质的中生界和残留盆地的第三系沉积是西藏地区油气勘探的主要对象。地面油气显示比较普遍（表 2-5-1、表 2-5-2）。由于二叠系以下地层已经程度不同的变质，其油气的生成可能性很小，因此，下面对二叠系至第三系的生油条件仅做初步分析。

表 2-5-1　青藏高原油气苗显示表（伦坡拉盆地以外）（据蒋中锡，1982）

序号	产　地	层　位	构造位置	油气苗产状	发现时间
1	安多县北 30km 青藏公路 114 道班附近，宽约 1km，显示层厚 560m	上侏罗统	打黑泡背斜北翼	黑色沥青细脉，稠油，有气可燃	1960
2	马尔果茶卡东南 10km，马依岗雪山东北 40～50km 特日嘎瓦山西梁	中上侏罗统	显示位于构造的轴部	沥青脉，团块，原油	1976
3	郎良沥青、地蜡，位当诺雍错以南，措勤盆地东端	海相侏罗系、白垩系	奇林湖南侧次一级凹陷中	轻质沥青	1979
4	多加岭脉状沥青群（伦坡拉西多加岭湖）	第三系	多加岭构造轴部	脉状沥青宽达 20cm	1976
5	茫乡煤矿油苗和沥青，唐古拉山南，宗当盆地西北侧	第三系	向 SE 倾斜向单斜层	稠油，沥青	1973
6	尼泊尔木斯塘气苗	上侏罗统—白垩系	位于盆地边缘	天然气	1964
7	沱沱河西北油砂位于乌兰乌拉湖东南	海相中上侏罗统	乌兰乌拉湖盆地	油砂	1959
8	夏康坚雪山东侧沥青改则县东南	上白垩统	南北向断裂	凝析气，沥青	1960
9	白圣山沥青脉位羌姆勒曲附近	侏罗系灰岩	打黑泡背斜	沥青	1960
10	寸朋公沥青脉位丁青西北格朗对面	第三系、侏罗系		沥青脉 沥青灰岩	1951
11	夏兰多沥青砂岩位索县以东	侏罗系		含沥青砂岩	1956
12	昌都察雅荣周沥青砂岩，位唐都西南 40km	侏罗系上部上三叠统上部?		沥青砂岩	1951

续表

序号	产　地	层　位	构造位置	油气苗产状	发现时间
13	茫康沥青脉	侏罗-白垩系或第三系		脉状沥青	1973
14	宁静山脉东麓油苗位贡觉南30km	三叠系或第三系		沥青脉，油苗	1931
15	多洛金油砂；位于青藏公路五道梁站西南100余公里	中上侏罗统白垩系	多洛金构造南翼靠轴部	油膜，油浸	1957

表 2-5-2　伦坡拉盆地地面油气显示表

序号	产　地		层位	岩　性	构造类别	显示类型	分布范围	有无分析成果
	地理位置	构造位置						
1	申扎县多加岭西南	东风一号构造	牛堡组	中层粉砂岩	短轴背斜	沥青脉	脉宽0.2–1.5mm	无
2	多加岭西南	东风一号轴部	牛堡组	细砂岩	短轴背斜	沥青	呈脉状	无
3	申扎县382东北	东风三号	牛堡组	钙质粉砂岩		沥青		无
4	申扎碌岗错	东风四号		钙质砂岩	短轴背斜	节理沥青		无
5	申扎碌岗塘卡	红旗四号北翼	牛堡组	砂、泥岩	短轴背斜	沥青	裂隙充填	无
6	申扎塞坡日南	4号东北翼	牛堡组	细砂岩	短轴背斜	油斑	孔隙式	无
7	申扎塞坡陇巴南江边	4号东北	牛堡组	泥灰岩	短轴背斜	沥青	裂隙	无
8	申扎塞坡日河谷	4号东北	牛堡组下部	钙质砂岩	短轴背斜	沥青气泡	裂隙充填	无
9	申扎塞坡隆巴	4号东北	牛堡组	泥灰岩、泥岩	短轴背斜	沥青	裂隙宽20cm	无
10	申扎梁扎木纳	3号构造南翼	牛堡组	泥灰岩	短轴背斜	沥青	裂隙	无
11	申扎梁扎木纳	3号构造东南翼	牛堡组	泥质粉砂岩	短轴背斜	沥青	裂隙	无
12	申扎梁琼布卡		牛堡组			冒气		无
13	斑戈县鄂加卒	牛堡构造	牛堡组上部	中粗砂岩	长轴背斜	油斑	孔隙	无
14	斑戈鄂加卒西南	牛堡构造南翼	牛堡组中部	粉砂岩	长轴背斜	油浸	孔隙	无
15	斑戈改拱其朽	牛堡构造北翼	牛堡组下部	细砂岩	长轴背斜	油浸沥青	孔隙裂隙	无
16	斑戈改拱其朽东北	牛堡构造北翼	牛堡组下部	褐黄色油浸	长轴背斜	油浸	孔隙	无
17	斑戈奴日埃卡	牛堡构造北翼	牛堡组中部	粉砂岩	长轴背斜	沥青	裂隙	无
18	斑戈改拱其朽河床	牛堡构造东翼	牛堡组	细一粗砂岩	长轴背斜	气喷		有
19	斑戈改拱其朽河床	牛堡构造东围斜	牛堡组下部	泥岩、砂岩	长轴背斜	油浸	孔隙及裂隙厚2m	无
20	斑戈鄂加卒	牛堡构造东围斜	牛堡组	粉、细砂岩	长轴背斜	油浸	孔隙式厚0.2m	无
21	鄂加卒西南	牛堡构造南翼	牛堡组	粉、细砂岩	长轴背斜	油斑	孔隙式厚0.1m	无

续表

序号	产地		层位	岩性	构造类别	显示类型	分布范围	有无分析成果
	地理位置	构造位置						
22	斑戈错尔果姜玛东南	牛堡构造北翼	牛堡组	砾岩	长轴背斜	冒气		无
23	斑戈将日阿错	新丁青构造东端	丁青组	泥岩	尖顶背斜	气泉	裂隙	有
24	斑戈帕格纳东南	帕格纳南断层	丁青组	细砂岩		油迹	孔隙	无
25	斑戈帕格纳	帕格纳北断层	丁青组	粉细砂岩		油浸	孔隙	无
26	斑戈丁卡森陇北	阿里开柏构造	牛堡组下部	泥灰岩		沥青	裂隙	有
27	斑戈丁卡森陇北	阿里开柏构造	牛堡组下部	钙质泥岩		沥青	裂隙式	有
28	斑戈丁卡森陇北东	红星梁断裂带	丁青组二段	含砾砂岩		沥青	裂隙豆状厚1m(五层)	有
29	斑戈陇巴加	红星梁断裂带	丁青组底	含砂生物灰岩	逆冲断层	油浸沥青	孔隙生物腔	无
30	斑戈莎鄂亭	红星梁断裂带	丁青组底部	生物碎屑岩	逆冲断层	油浸沥青	孔隙生物腔	无
31	斑戈伦坡日	伦坡拉构造南	丁青组下部	钙质粉砂岩	短轴背斜	油浸	孔隙	无
32	斑戈伦坡日南	伦坡拉构造东部	丁青组下部	泥灰岩	短轴背斜	原油	孔隙总厚1.5m	无
33	伦坡日南	伦坡拉构造顶部	丁青组下部	泥灰岩	短轴背斜	沥青	孔隙	无
34	伦坡日	伦坡拉南翼	丁青组下部	粉一细砂岩	短轴背斜	油浸沥青	孔隙厚1.5m 孔隙厚0.1m	无
35	斑戈纳木卡错	纳木卡断裂	丁青组	泥岩		气显示		
36	斑戈松棵尔	红星梁断裂带	牛堡组	泥岩		气泉		有
37	斑戈塘奴陇果	阿里开柏构造南	牛堡组			气显示		有
38	斑戈爬爬西下郭河	长山构造北翼	丁青组	泥灰岩	薄顶构造	沥青	裂隙	无
39	爬爬西下郭河	长山构造北翼西	丁青组	泥灰岩	薄顶构造	水中喷气		有
40	爬错南公路边	多学库断层中部	丁青组	砂砾岩	小断层	气显示		无
41	斑戈徐果错西	录钦断层	第四系		断层	气泉		有
42	徐果错东南		第四系		气泉	气泉		有
43	斑戈鄂加卒西北	牛堡构造轴部	牛堡组	粉、细砂岩	长轴背斜	气显示		无

(据西藏地质局第四地质大队)

第一节 生油条件

(1) 二叠系 除巴颜喀拉山和喜马拉雅山褶皱带已变质外，其他未变质的二叠系尚具有一定的生油能力。羌塘地区上二叠发育相当广泛，下部有相当茅口组的蜓类灰岩，上部见有相当龙潭组的地层，为一套砂岩与页岩之互层，其中含蜓的泥灰岩，中夹薄煤层和煤线厚

200余米，富含有机质。经采样做热解色谱分析，其部分数据比雁石坪地区上侏罗统的生油性能略好，说明具有一定的生油能力（图2-5-1、图2-5-2、图2-5-3）。

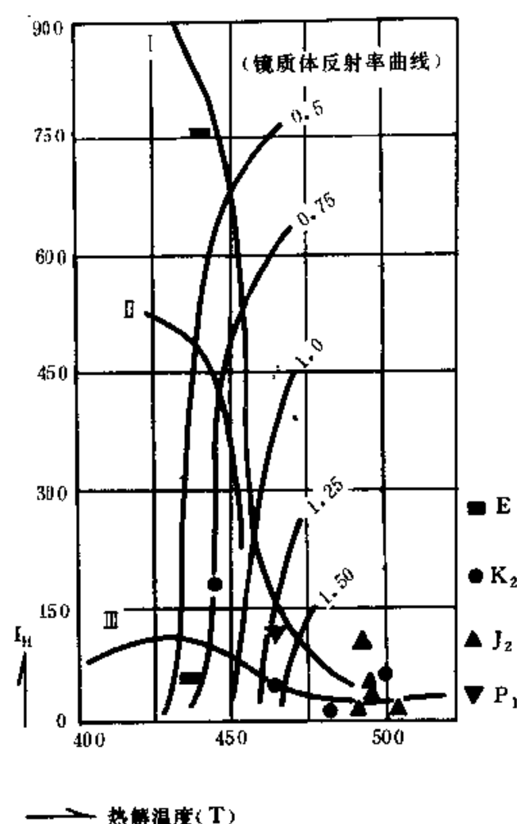


图2-5-1 热解温度与氢指数及镜质体反射率关系

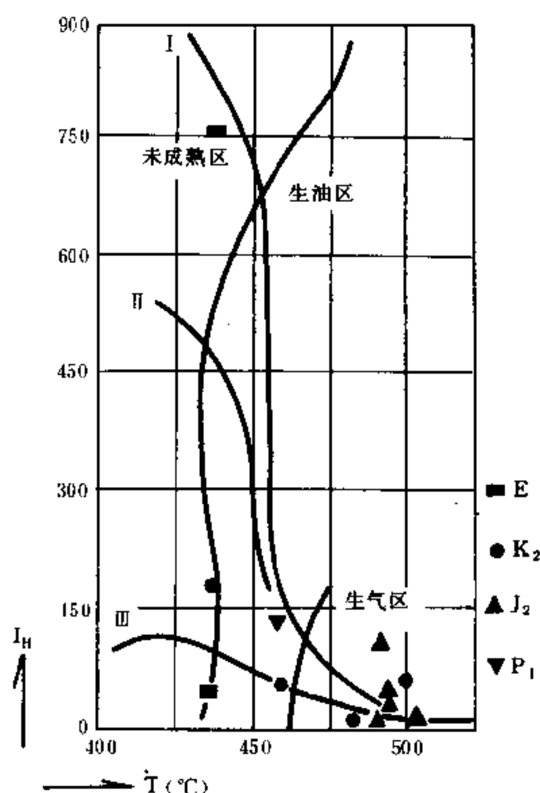


图2-5-2 热解温度及氢指数区分成熟度

(2) 三叠系　分布比较广泛，在羌塘地区、唐古拉地区、昌都地区和昂拉仁—念青唐古拉断褶带北部没有变质或比较轻微，其下部的泥页岩、石灰岩及煤系地层是一套较好的生油岩系。石灰岩含化石，泥页岩色暗，富含有机质，一般厚600～1500米左右。昌都、芒康附近的上三叠统是海、陆交互相，也具有较好的生油条件，其沉积特征可同云南楚雄盆地晚三叠世剖面对比。伦坡拉盆地上三叠统剖面，有100多米厚的暗色页岩，已取样做了分析，有机碳4.99%，氯仿沥青“A”0.38%，总烃31.59%，OEP1.07，红外光谱为$2920cm^{-1}$，$2850cm^{-1}$，$1460cm^{-1}$和$1380cm^{-1}$，说明这套页岩含有机质高，已达到成熟，母质类型为腐泥型（《中国地质》，1987年第8期）。

(3) 侏罗系　中上侏罗统的黑色页岩、生物质岩厚600至2900米（唐古拉区），富含有机质，是西藏地区中生界主要的生油岩系。雁石坪剖面地面采样分析，其温度偏高而氢指数偏低（图2-5-3）。羌塘地区的中上侏罗统有确切的油气显示，说明有油气形成过程。据蒋中惕调查，西藏地区除伦坡拉盆地以外的15处油苗、气苗，有8处产自中、上侏罗统，类型系为沥青脉，稠油，油砂和沥青团块等。而其分布地区有10处分布于羌塘—唐古拉一带，从其产状来看，多为生油层附近产出，属“自生自储”类型。

唐古拉褶皱带中的侏罗系本有良好的生油条件的，由于后期的褶皱和岩浆活动，使其含

油性受到一定程度的破坏，但在相对稳定地区，仍有一定远景的。

(4) 白垩系　本地区出露较广，发育也比较完整（表 2-5-3）。三江地区主要为陆相的红色碎屑岩，时代为晚白垩世。昌都厚1300余米，喀拉昆仑区则为石灰岩，生物灰岩和泥质砂岩上部为碎屑岩厚1200米。海相白垩系在昂拉仁至念青唐古拉断褶带及其以南地区，为黑色页岩和石灰岩富含化石，局部形成礁灰岩，具有一定生油能力。据班戈、保吉附近少量采样品分析，有机碳含量达0.8～1%，变质程度较高，四个样品中有三个已进入生气阶段，可能样品距火成岩较近有关。上白垩统郎山组在伦坡拉盆地西部也具有较好生油条件。靠近西段在夏岗江雪山两侧，海相白垩系厚3000多米，其中夏曲组为石灰岩、生物灰岩，夹一些灰色、深灰色泥岩，具有较好的生油性能，也曾见到含沥青的动物化石●，说明这一地区的白垩系有过生油过程。

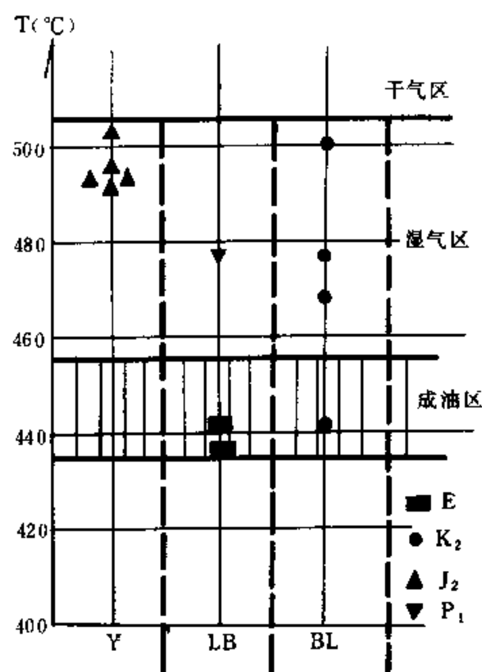


图 2-5-3　热解温度划分成油、成气

Y—雁石坪剖面；LB—伦坡拉盆地；

BL—班戈地区

在喜马拉雅地区，白垩系为海相及海、陆交互相。亚东、江孜大断裂以东海相白垩系保存于雅鲁藏布复向斜中，主要是大套灰黑色泥页岩，泥灰岩，上部为泥灰岩与砂岩互层，泥页岩中富含有机质，经受了轻度变质并出露地表。澎波南木林地区是一套海相，海、陆交互层沉积。为砂岩、页岩互层，局部夹煤系，下部为大套石灰岩，总厚3000米。靠近中上部几百米的灰黑色泥岩富含有机质，可能成为本区的油源层。昂仁-日喀则地区，为一狭长条带的上白垩统海相沉积，以不整合盖覆在冈底斯-拉萨花岗岩之上。其岩性主要是巨厚的砾岩、砂岩和页岩互层，下部发育有煤系地层。其中上部的泥页岩中含有机质，有可能成为油源层，主要问题是分布窄，并受到挤压褶皱。岗巴、定日区的海相白垩系，大套灰色、灰黑色泥页岩，上部为生物灰岩，富含有机质，总厚1300余米，是较好的生油层，它与下伏侏罗系形成组合时，条件较为有利，但保存条件不好，对评价有影响。

(5) 第三系　在西藏地区比较发育，海相和陆相都有分布，沉积类型也很多，如含煤沉积，有机相沉积，火山碎屑岩及膏盐沉积等。海相第三系大致以雅鲁藏布江分界（江北也有零星分布），以南为海相沉积，以北为陆相（见图 2-3-14）。第三纪沉积盆地为残留海盆地（海相）和残留的裂陷盆地（陆相），彼此分割成小盆地，其中多数面积小于1000平方公里，仅在可可西里-巴颜喀拉褶皱带等地发育了几个面积大于一万平方公里的较大盆地，这些第三系盆地分布于大型褶皱山系之中。

海相第三系　主要分布于岗巴和定日一带（表 2-5-4），下组为古新世早期的基堵拉组，上组为宗浦组，时代为始新世早中期。是一套生物灰岩、泥页岩夹砂岩层，厚600～

● 《西藏石油地质》，1978年，第一期第9页。

1000 米，富含化石和有机质，具有较好的生油能力，但保存条件欠佳。此外，冈仁波齐峰一带有厚达 3000 米的第三系碎屑岩沉积，下部夹海相灰岩，时代为始新世。拉萨、林周一带第三系古新世的杂色火山岩中有海相夹层，富含有孔虫、藻类，含油性较差。

表 2-5-3　西藏地区白垩系分区岩性简表

地层 系	地层 统	喜马拉雅区（珠穆朗玛分区）	冈底斯—念青唐古拉区（奇林-日土分区）	羌塘—三江区（羌塘分区）
	上白垩统	宗山组：下段为石灰岩及薄层泥岩；上段为深灰色泥岩 旧堡组：石灰岩与黄绿色页岩互层 夏吾除坡组：黄绿色页岩夹薄层灰岩及泥灰岩 冷青热组：黑色灰岩夹瘤状灰岩	竟珠山组：下部以砂岩为主，上部砾岩增多，厚度大于 400m，与下伏郎山组不整合 郎山组：下部为石灰岩，厚380米，中部为砂泥质灰岩，厚 35 米，上部为薄层灰岩，厚 511m	阿布群和玛尔果茶卡群：陆相红色磨拉石沉积。前者为粗碎屑岩后者为细碎屑岩，二者为相变关系。分布零星
	下白垩统	察日拉组：灰黑色泥质页岩夹薄层灰岩及碳质灰岩，与下伏东山组为连续沉积 东山组：黑色页岩夹粉砂岩及石灰岩，中下部含铁质结核	多巴组：下部为灰色灰岩厚230米，中部为粉砂质泥页岩夹生物碎屑灰岩厚 181 米；上部为砂岩夹生物碎屑灰岩厚 302m 川巴组：下部为砂岩夹碧玉岩厚 470m，上部泥岩、粉砂岩厚 430m	

表 2-5-4　西藏地区第三系岩性简表

地层时代	特提斯藏南区（海相沉积区）	冈底斯—念青唐古拉区（陆相沉积区）
第三系	宗浦组：始新世早中期。上组 280 米，下部灰色泥岩、页岩，底部为介壳灰岩，瘤状灰岩，上部为灰绿色泥岩页岩夹薄层粉砂岩，砂质灰岩厚 230m。下组 173m，下部为生物碎屑灰岩厚 63 米，上部为生物碎屑灰岩夹泥页岩厚 110m 基堵拉组：古新世早期。厚 178m。巨厚中细粒石英砂岩。与下伏白垩系宗山组整合接触	丁青组：中新-上新世。厚 340～800m，下部为灰色泥岩、页岩夹油页岩及薄层砂岩，厚 120～280m，上部为灰色泥岩夹凝灰岩，泥灰岩厚 220m 牛堡组：始新世-渐新世。厚 2410m。下部为紫红色砂岩、砂砾岩厚 700m。中部为灰绿色泥岩夹泥灰岩厚 1070m，上部为棕红色，灰绿色泥岩夹薄层砂岩厚 700～1056m

陆相第三系　主要分布于冈底斯—念青唐古拉区和羌塘—三江区，如喜马拉雅区的南木林—乌郁中堂一带的第三系主要为始新统，分布于澎波盆地。下部为砂砾岩，中部为煤系夹凝灰岩，上部为砂岩与页岩互层夹油页岩，总厚 3000 多米。在凝灰岩中发现油质沥青，对本区的第三系的含油产状应进一步研究。冈底斯—念青唐古拉区可分为南北两带。南部主要为冈底斯山间盆地，发育古新世-始新世的中酸性火山岩，碎屑岩和煤系地层，应寻找在火山岩活动微弱地区有利油气生成的地层分布。而北部以伦坡拉盆地为代表，自下而上划分为牛堡组和丁青组（图 2-5-4）。牛堡组时代为始新世至渐新世，下部为砂砾岩，砂岩，中部为灰色页岩夹砂岩，富含化石和有机质，上部为灰绿色泥岩，泥灰岩夹砂岩，总厚 3000 余米，与下伏地层为不整合接触（见第七章）。丁青组下部为灰色泥岩，油页岩夹砂岩，上部是灰色泥岩夹泥灰岩，粉砂岩，总厚 340～800 米，时代为中新世，上部为上新世。目前已

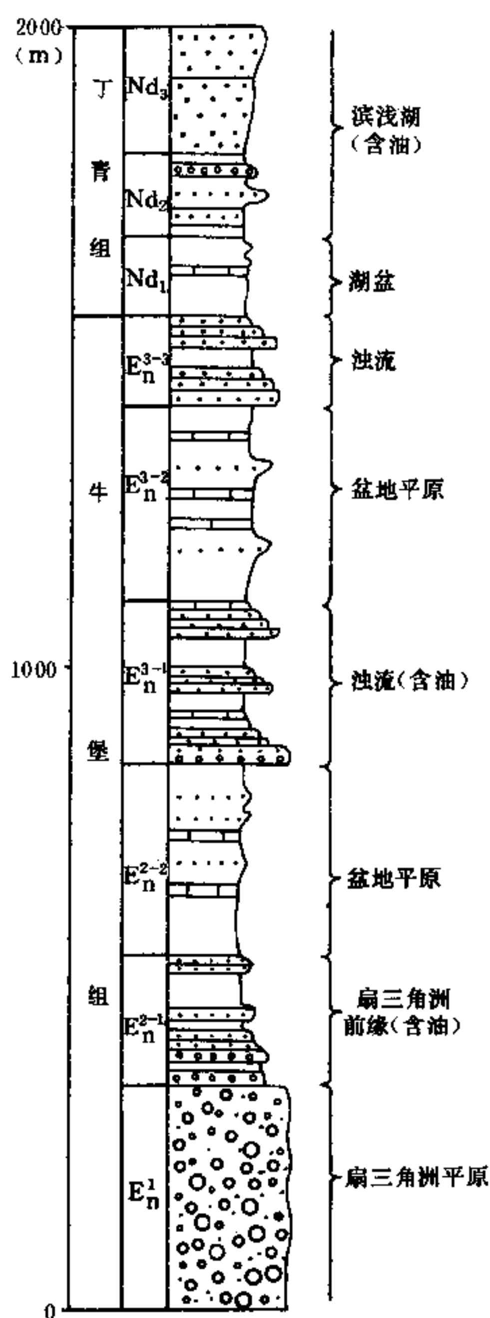


图 2-5-4 伦坡拉盆地牛堡、丁青组

沉积相图（据余光明等）

发现工业油流，是西藏地区找油较现实地区（图 2-5-5）。牛堡组和丁青组的暗色泥岩，泥页岩厚 1000～1400 米，一般有机碳含量为 0.5～0.78%，高者可达 3%以上，氯仿沥青“A”含量为 1108～2360.9ppm，总烃(HC)含量为 329.6～725ppm，反映转化率的 HC／C 达 3～10%，A／C 达 9～25%，HC／A 达 30～40%。说明已达到我国陆相地层的中等生油指标，勘探结果也证实，伦坡拉盆地第三系具有良好的生油能力。

石油工业部石油勘探开发研究院在西藏进行路线普查时，取了一些各时代的样品，进行

有机地球化学分析（表 2-5-5），从结果来看，一般氢指数偏低（$I_H<200$）而氧指数偏高（$I_o>300$），说明生油母岩的质量不够理想，从热解温度看，有机质的成熟度也过高，样品

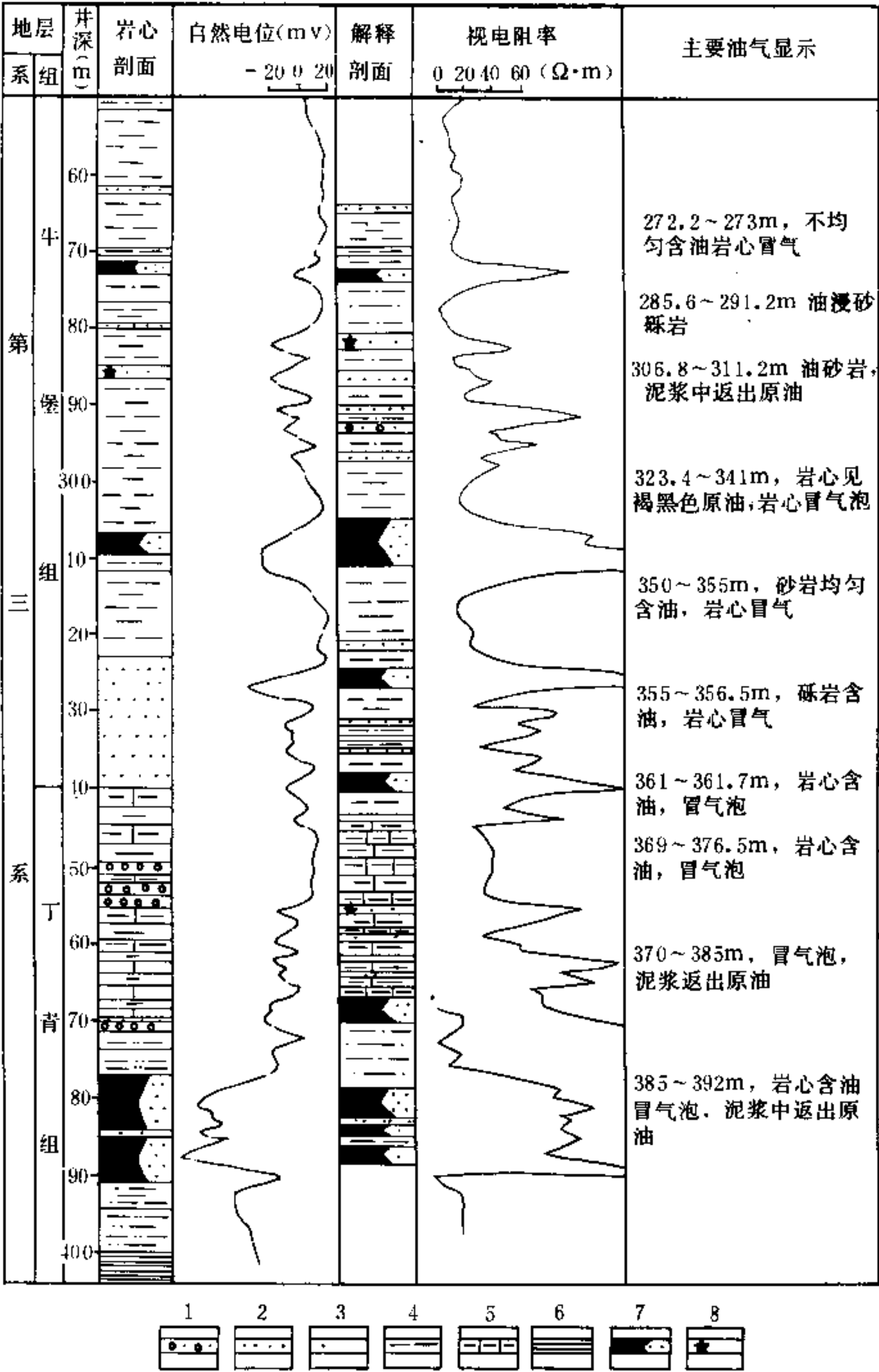


图 2-5-5　伦坡拉盆地红星 6 井油层柱状图

1—砾状砂岩；2—砂岩；3—粉砂岩；4—泥岩；

5—泥灰岩；6—页岩；7—含油；8—含油段

中多数已超过460℃进入生气阶段。总有机碳及潜在生油量也只在一般水平之下，这说明地面样品的分析还不能做肯定的结论，而且采样区也受到强烈褶皱和火成岩活动的影响，但第三系的分析数据较为可靠，在第七章中伦坡拉盆地的油气形成条件中再做进一步叙述。

表 2-5-5 热解色谱分析数据简表

层位	岩性	有机碳 C%	有效碳 %	最高热解温度 ℃	氢指数 I_H	氧指数 I_O	潜在生油量 kg/T
P_1	灰色灰岩	0.05	0.01	476	100	300	
J_{2-3x}	灰绿色含灰泥岩	0.05	0.02	490	100	1340	
J_{2-3n}	深灰色泥岩	0.15	0.01	492	40	313	
J_{2-3n}	深灰色泥岩	0.11	0.002	490	18	382	
J_{2-3n}	深灰色泥岩	0.18	0.004	509	17	167	
J_{2-3n}	灰色泥岩	0.11	0.004	494	27	237	
K_1	圆笠虫灰岩	0.12	0.004	469	33	183	
K_1	石灰岩	0.04	0.002	500	50	957	
K_1	石灰岩	0.80	0.01	478	8	33	
K_1	生物碎屑灰岩	0.04	0.01	439	175	825	
E	深灰色泥岩	3.05	1.92	440	60 750	400 20	2.3

第二节 储集条件

从西藏地区三叠纪至新生代的岩性特征和地面油气显示产状分析，油气储集类型主要是孔隙型和裂隙型两大类。而油气显示及伦坡拉盆地井下储集层则有砂岩类，碳酸盐岩类和凝灰碎屑岩等。由于西藏地区海相，陆相地层都有广泛分布，其储集类型将是多种多样的。较集中的砂岩类层段有三叠系的中上部、中下侏罗统的上、下砂岩段及下白垩统多坎组砂岩和第三系砂岩。

1）三叠系中上部砂岩段，出露于羌塘断褶带中，在康木如山、上门格拉一带有广泛分布，为灰色、灰绿色粉砂岩，厚200～600米。

2）中上侏罗统上、下砂岩段，上砂岩段在喜山区称休莫组，厚660～1220米。下砂岩段称拉弄组，为砂岩、石英砂岩（夹少量石灰岩）厚约700米。羌塘断褶带的雁石坪群(J_{2-3})，上下砂岩段总厚可达3000米。地面油气显示（表2-5-1）在已知15处中有8处属于中上侏罗统，这些显示的层段有半数为砂岩含油，说明在生油储油条件配置下有可能形成油气的储集层。但是由于砂岩中岩屑成分含量较高，一般胶结紧密，因而一般中生界砂岩储油特性较差（表2-5-6)。

3）下白垩统楚龙组块状砂岩厚100余米，多坎组中部的紫红色长石、石英砂岩厚200余米，都是砂岩比较集中的层段。经扫描电镜分析，砂岩颗粒边界不清楚，石英颗粒有次生加大现象，并是镶嵌状接触，其物性也不理想。

4）第三系牛堡组、丁青组 均有砂岩层存在，据伦坡拉井下资料统计，累计厚可达300～400多米，除了少数几个地区外，在剖面上分布较为分散，单层厚度最大6米，一般

在一米以下。从表 2-5-6 中可知，第三系砂层物性中等或较好，一般孔隙度大于 15%，但渗透率变化较大。总的来说，丁青组比牛堡组好，丁青组又以红星梁及爬爬较好，属中等以上物性储集层。

表 2-5-6　西藏地区部分中、新生代物性分析数据表

地　区		样品编号	时　代	渗透率（$10^{-3}\mu m^2$）	孔隙度（%）
雁石坪		Y-05W_1	J_2	49.3	6.77
		Y-05W_2	J_2	107.6	5.39
		Y-05W_3	J_2	14.6	3.03
		Y-05W_4	J_2	14.9	2.43
		Y-05W_5	J_2	30.4	2.77
班戈		BL-D-⑧W_6	K	12.1	2.44
		BL-D-⑧W_7	K	94.2	11.9
		BL-D-⑧W_8	K	23.8	8.11
伦坡拉		LB-Ⅲ-①W_5	E	210	28.6
		LB-Ⅲ-②W_5	E	26.1	6.7
		LB-Ⅲ-④W_2	E	23.2	5.9
几个含油构造	红星梁	丁青组下段	N	191.76	22.4
	爬爬	丁青组下段	N	130.5	26.8
	爬爬	牛堡组中段	E	<10	13.1
	鄂加卒	牛堡组中段	E	54.93	21.73

碳酸盐岩储集层　西藏地区的地面油气显示有一部分分布在碳酸盐岩的裂隙，晶洞和孔隙之中，由于本区海相和陆相碳酸盐岩分布比较广，应加以重视。除了裂隙类型之外，本区碳酸盐岩类储层类型主要有：

a.颗粒灰岩类：主要类型有鲕粒灰岩、球粒灰岩，核形灰岩、骨屑灰岩和内碎屑灰岩，这些在西藏地区的侏罗、白垩系均可见到，并富含有机质，上述这些粒屑灰岩都反映了沉积环境具有较高能量的特点。

b.晶粒灰岩：主要有两种类型，一种为微晶灰岩，另一种为细晶灰岩，在本区各时代都有分布。细晶灰岩见于藏北阿木岗侏罗中，微晶的类型较多，在海相和陆相中均有分布，一般属于低能环境下的产物，含有化石，在受挤压后可形成一些延伸不远的裂缝。

c.生物骨架灰岩：在本区分布很广，类型也较多，主要有珊瑚生物礁灰岩、厚壳蛤生物礁灰岩、圆笠虫礁灰岩和牡蛎礁灰岩。其中厚壳蛤、圆笠虫和牡蛎生物礁灰岩是本区特有的生物骨架灰岩。主要分布于藏南的侏罗、白垩系岩层中。在其他条件配合下，这是一种比较理想的储集层。

d.白云岩和碳酸盐岩与陆源碎屑沉积岩类：白云岩类在本区地层中不很发育，仅见于藏北的侏罗系雁石坪群和珠峰地区的侏罗系聂雄拉组。而沉积岩则是本区的明显特征。藏南侏罗系、白垩系沉积岩的出现（图 2-5-6），首先与物源有关，该区主要为印度次大陆的花岗岩基底，形成砂质沉积物，也可出现一定的碳酸盐岩沉积层。其次是该区有一定的沉降速度，利于碳酸盐岩的保存。这种沉积岩可分为陆源碎屑岩，碳酸盐颗粒和碳酸盐泥晶三种类

型，一般说来储集条件不太理想。

此外，在地面油气显示和井下钻探中，也发现凝灰岩储集层。如伦坡拉盆地长11井发现玻屑至晶屑凝灰岩，其储油特性很好，如孔隙度为33.76%，渗透率为84.5×10^{-3}平方微米，属较好的储集层，另外在牛3井1176.4～1182.8米也见到凝灰岩含油，因此，在西藏地区应重视多种类型的储集层，使勘探领域更广泛一些。

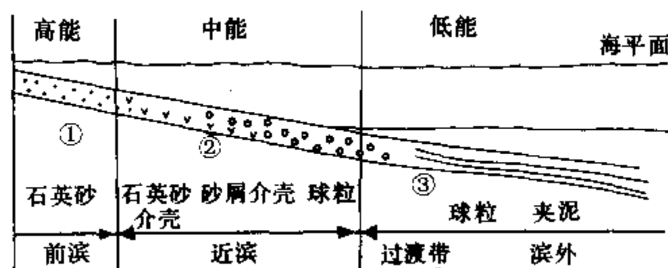


图2-5-6 藏南侏罗系广海海岸沉积岩建造的沉积示意图（据余光明等）

①波浪作用强；②波浪触及海底；③波浪不触及海底

第三节 生、储、盖组合的划分

根据现有的调查资料，从二叠纪到新生代按其岩性剖面和生、储条件自下而上可初步划分出四个主要的生、储、盖组合。

第一组合：二叠系、三叠系中下部石灰岩，泥页岩—三叠系中部砂岩段—中上部泥页岩。

第二组合：三叠系中上部泥页岩—中上侏罗统砂岩段—中上侏罗统的灰泥岩段。

第三组合：中上侏罗统下、上灰泥岩段—下白垩统多坎组砂岩—上白垩统郎山组泥岩、石灰岩。

第四组合：上白垩统郎山组灰岩，泥灰岩—第三系牛堡组—丁青组泥页岩。

以上组合还可以进一步划分。考虑到它从上新世至第四纪隆起很高，部分地层遭到剥蚀，从已知的地层分布和保存条件分析，第一，第二，第四组都具有较现实的油气形成条件，是今后对西藏地区油气勘探工作的根据。

第四节 地 热 条 件

据韩同林等人研究，西藏地区地热资源十分丰富，地热活动十分强烈，是我国地热资源最丰富的地区。据藏南地区的羊卓雍错和普莫雍错两个湖底所测平均热流值，分别为3.5±0.4HFU和2.2±0.1HFU，前者为全球平均热流值的2.3倍，而后者为1.5倍，也说明青藏高原区是全球高热流值地区之一。大地热流值是地球内部的热在地球表层的直接标志，是一项重要的基础资料。两个湖区的热流值比较，前者为后者的1.5倍，说明羊卓雍错是属于与活动构造有关的构造堰塞湖，为局部高热流值异常。而普莫雍错湖属于冰川湖为主，可能反映西藏地区区域背景热流值。大地电磁和人工地震工作成果也说明上述认识，即分布于活动

构造区中的水热区的热源补给为深源性质，与地壳深处的岩浆活动有关，而非活动构造区中的热源补给则为正常的地温梯度。

西藏地区的地热活动在空间上分布主要同断陷带和断裂带有关。从总体上看，有自东而西和自南向北逐渐减弱的趋势，从地区上看大致以班公—怒江断裂带为界，以南地带地热活动最多，尤以断陷带和多组活动断裂的交叉部位地温资源最为丰富。

目前西藏地区钻井较少，实测的井下地温资料不多，现仅有伦坡拉盆地实测地温梯度为6℃／100米，这个数据说明地温梯度是很高的，还需要有一些井的资料证实是否符合盆地实际地温度梯度。但从上述大地热流值测定和区域地热活动显示分析，西藏地区的地热梯度是比较高的，它对本区油气形成运移是有利的。

第六章　伦坡拉盆地油气形成条件*

伦坡拉盆地位于唐古拉山南侧安多县西南，海拔4800～5040米，为东西狭长的中、新生代断陷盆地。长约200公里，宽10～30公里，面积3500平方公里。该盆地是1951～1953年西藏工作队李璞等首先发现并在伦坡拉构造上见到沥青脉，撰写有“西藏东部地质及矿产调查报告”（1959）。1955～1958年，地质部石油局632队在藏北进行1：100万石油地质概查和1：20万伦坡拉盆地普查和专题研究。1960年西藏地质局石油队在伦坡拉盆地丁青、牛堡一带进行1：2.5万石油地质细测。1966年地质部石油地质局综合研究队对盆地进行了含油条件的研究，在牛堡构造上发现油砂、沥青脉等油气显示。1967年西藏地质局成立第四地质大队（原第四普查大队），开展了伦坡拉盆地的石油地质普查，对盆地的中部、东部进行综合评价工作，同时进行了1：500000航空重力、磁力普查和1：100000的地震测量，线距为两公里。已发现22个地面构造，在中央凹陷带发现断鼻8个。共钻井48口，总进尺达35000余米。井深超过1000米的有10口，平均井深200米，其中41口见油气显示，牛浅2井见低产油流，红星6井日产近7立方米，为第一口工业油井，从而提高了伦坡拉盆地的油气评价。1980年因任务调整，暂停了盆地的勘探工作。

下面分别对伦坡拉盆地石油地质条件在地层、构造、第三系含油气情况及含油远景分析加以简要叙述。

第一节　地　　层

伦坡拉盆地从寒武—奥陶纪直至第三纪地层，均广泛出露。盆地北部以中生界为主，南部广泛分布着古生界。第三系以前地层总厚约15000米，化石丰富，前侏罗系均已变质。新生代第三系主要分布于班戈、伦坡拉盆地范围。现从老至新分别简述如下（表2-6-1）。

（1）寒武—奥陶系　为一套巨厚的碳酸盐岩，下部以深灰色结晶灰岩与浅灰色白云岩的互层夹石英砂岩；中段为黑色角砾状灰岩和灰质白云岩互层；上段以大套浅灰色白云质灰岩为主夹薄层白云岩，厚度1000余米。

（2）志留系　下部为一套富含化石的结晶灰岩夹生物碎屑灰岩与下伏奥陶系呈假整合接触，厚1500余米。中上部主要为一套板岩、片岩夹石灰岩、石英岩，按其岩性可划分四个组，总厚2980米。

（3）泥盆系　灰白色石英岩、白云岩及深灰色硅化灰岩，下部富含化石。其上与侏罗—白垩纪火山岩呈不整合接触，以下被覆盖，厚约2000米。

（4）二叠系　露头所见为下二叠统，在盆地边缘未发现石炭系。主要岩性为灰色结晶灰岩、白云质灰岩，一般多为中层状，富含珊瑚、蜓科、有孔虫等化石，上下均为断层接触，厚650余米。

---

* 主要参考了西藏地质局第四地质大队关于伦坡拉盆地石油地质总结报告和石油工业部石油勘探开发研究院有关西藏石油路线调查的资料。

表2－6－1 伦坡拉盆地地层表

系	统	群	组		代号	厚度 m
第四系					Q	50±
上第三系		伦坡拉群	丁青组	上段	Nd_3	250～550
				中段	Nd_2	120～285
				下段	Nd_1	176～356
下第三系			牛堡组	上段	En^3	1056
				中段	En^2	1011
				下段	En^1	750
白垩系	上统		郎山组		K_2L	520
	下统		蛤蟆山组		K_1h	1517
侏罗系	上统		色山组		J_{3g}	2420
	中统		大黄山组		J_{2d}	304
	下统		尖山组		J_{1j}	510
三叠系	中下统	二包山群			T_{1-2rb}	1200
二叠系	下统		拖罗组		P_{1t}	658
泥盆系	中上统	穷康群	贡阿山组		D_{ga}	500
			卡木青拉组		D_{km}	1340
			鸡舵山组		D_1	188
志留系	中上统	克尔木群	热嘎拉组		S_{2-3r}	728
			阿拉组		S_{2-3a}	699
			克木错组		S_{2-3k}	800
			董限孩组		S_{2-3d}	757
			东卡组		S_{1dk}	1542
寒武－奥陶系		均那群			$\epsilon-O_j$	1125

(5) 三叠系　为黄灰色、深灰色泥板岩、砂板岩夹千枚岩及片岩，有较多基性岩脉侵入，可见厚度为1180米。

(6) 侏罗系　盆地北侧以早、中侏罗世的碳酸盐岩及煤系地层为主，夹有火山碎屑岩。南侧以中、晚侏罗世的海相碎屑岩为主，化石丰富。早侏罗世主要沉积了一套灰黑色、绿灰色页岩夹薄层砂岩；中侏罗世为灰色块状生物灰岩和石英砂岩，下部为凝灰砂岩、砾岩和辉绿岩；晚侏罗世为海相碎屑岩，三套岩性总厚达3220余米。

(7) 白垩系　下部为灰—深灰色钙质石英砂岩、生物灰岩、夹灰黑色钙质泥岩、页岩及砂质灰岩，含瓣鳃类、腹足类、菊石等化石，厚1420米。上部为红色砾岩、火山角砾岩及

粗砂岩，向上砂岩、泥岩互层过渡，厚520米。盆地西部为一套海相碳酸盐岩地层，具有生油条件。

(8) 第三系　第三系分布在伦坡拉断陷内，属残留盆地。据地震资料，盆地中心第三系底界深达4000余米，包括下第三系牛堡组碎屑岩层和上第三系丁青组暗色砂、泥岩层，总厚800～4000米，是盆地内主要的生储油组合（图2-6-1）。

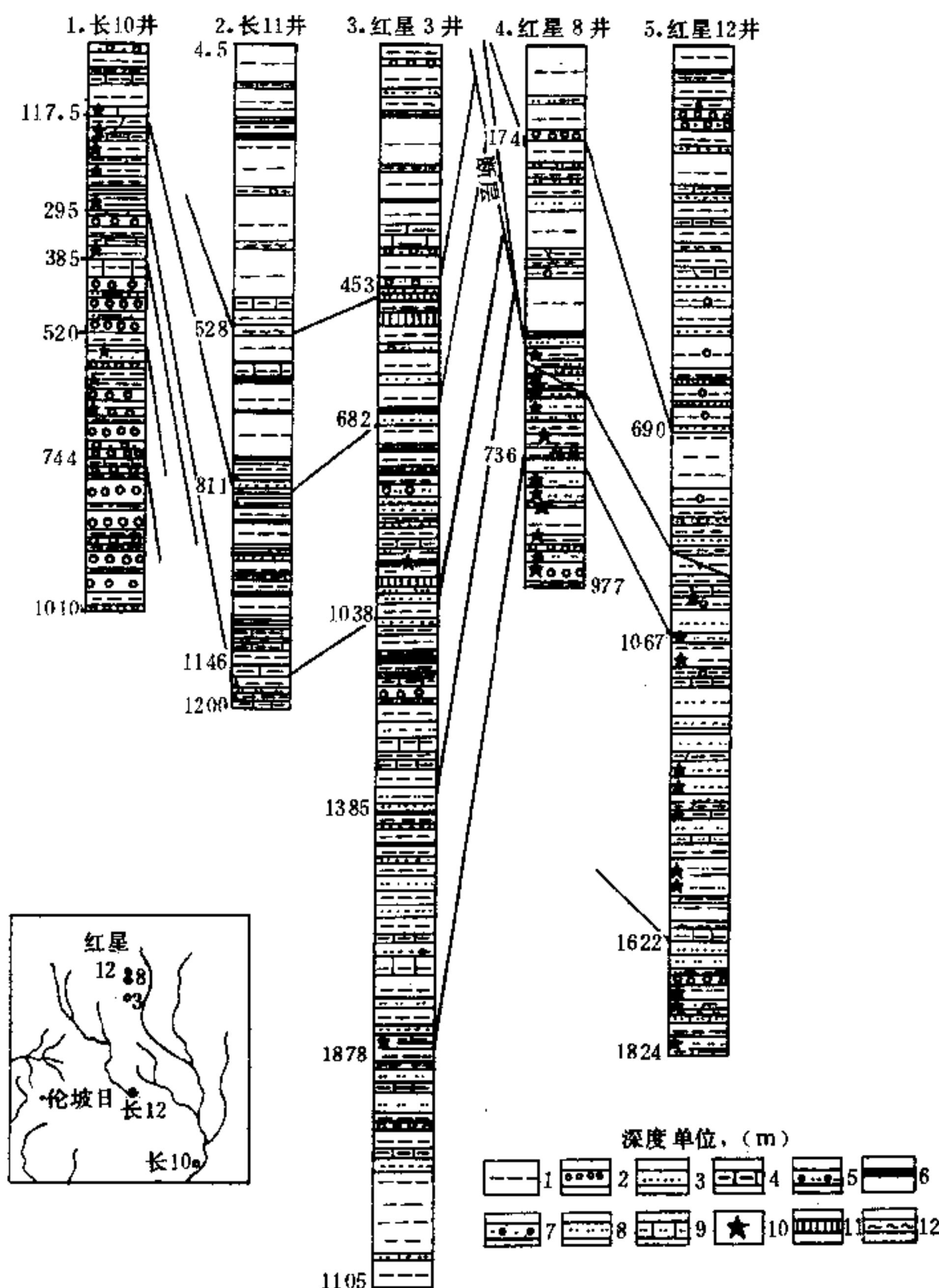


图2-6-1　伦坡拉盆地长10井～红星12井第三系对比图

（据西藏地质局第四地质大队）

1—粘土；2—砾岩；3—细砂；4—钙质泥岩；5—粉砂砾岩；6—油层；

7—砂砾岩；8—粉砂岩；9—钙质粉砂岩；10—油斑；11—石膏层；12—断层泥

1）下第三系牛堡组（En） 在盆地内均有分布，出露于盆地西部和北部一带，在盆地南部斜坡带钻井中岩性组合为一套红色碎屑岩夹灰绿色泥岩、砂岩。该组的沉积和沉降中心在盆地北侧的中央凹陷区。据鄂加卒、牛3井一带的资料，厚度在2700～3000米。由中央凹陷区向东、向南地层厚度变薄，岩性较粗。牛堡组与下伏地层为不整合接触，由凹陷带向南斜坡，牛堡组则超覆在中、古生代基岩之上。

根据岩性、电性特征，牛堡组又可分为三个岩性段：

a.牛堡组下段（En^1） 为一套红色砂岩、砂砾岩、局部夹灰绿色、紫红色泥岩，厚度大于700米。

b.牛堡组中段（En^2） 主要为灰色、灰绿色泥岩、页岩互层，夹棕红色泥岩、砂岩及砂砾岩。见油砂、油斑及油浸凝灰岩层，泥岩中见裂隙原油及沥青，是牛堡组主要生油、储油层段，厚1000余米，富含化石。

c.牛堡组上段（En^3） 主要为棕红色泥岩与灰绿色泥岩夹薄层泥灰岩及粉、细砂岩。盆地南部岩性较粗，厚度减薄，盆地中部灰色泥岩、泥灰岩、石灰岩有明显增加。红星3井、6井等见油浸砂岩，泥岩中富含化石，厚1056米。

2）上第三系丁青组（Nd） 主要分布于盆地的中东部，在伦坡拉至丁青一带出露较全，钻井中均钻遇本层，主要岩性为绿灰色泥岩夹砂岩及油页岩。据物探资料最大厚度达1400米，南部斜坡带残留厚度200–400米，北部斜坡残留厚度500～800米。据岩性、电性特征可分为三个岩性段：

a.丁青组下段（Nd^1） 主要岩性为灰色泥岩、页岩及灰色细砂岩。在盆地南、北坡见有丰富的油气显示，主级别为油浸砂岩及油砂岩。厚170～356米。

b.丁青组中段（Nd^2） 主要岩性为灰色泥岩、页岩夹油页岩及粉砂岩、厚层细砂岩。本段在长山构造油气显示多，见有油浸砂岩及裂隙沥青。本段含有介形类、孢粉、螺化石等，厚120～280米。

c.丁青组上段（Nd^3） 主要岩性为灰色泥岩夹页岩、泥灰岩、粉砂岩及凝灰岩，见介形类、孢粉及鱼化石，厚220～500米。

总之，伦坡拉盆地是一个第三纪断陷盆地，第三系广泛分布，最大厚度超过4000米，构成了早、晚第三纪两个重要沉积旋回。在相对下降阶段形成的半深水湖相的泥页岩生油层，在上升阶段，形成浅湖–滨湖相的砂岩储集层，目前是西藏地区有含油远景的盆地。整个盆地的沉积，发育受喜山运动控制，早期断裂活动强烈，中期有继承性断裂活动，同时伴有火山活动，晚期使盆地上升褶皱、断裂形成现今的面貌。

第二节 构 造

伦坡拉盆地是在燕山褶皱带的基础上发展的新生代断陷盆地。盆地内第三纪地层不整合于各纪地层之上，并明显受北部主断裂控制，陷落成盆地，北部沉降幅度大，地层厚，向南呈斜坡状，为一不对称的箕状凹陷。盆地内发育了三组断裂和较多的构造圈闭，现分述如下（图2–6–2及表2–6–2）：

1.构造分区

（1）北部褶皱带 介于红星梁断裂带和达玉山北断裂之间，发育有牛堡组，主要构造有：达玉山构造、牛堡构造、阿里开柏构造、红星梁一号、二号、三号构造、低鄂构造及红

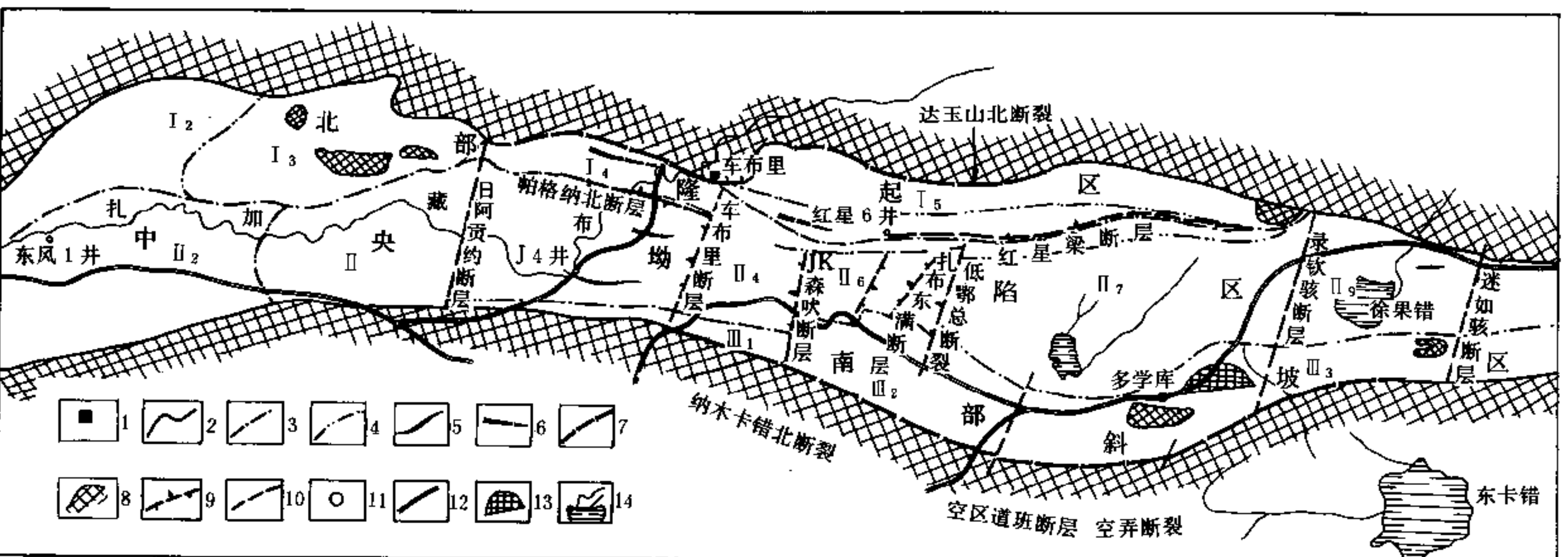


图 2-6-2 伦坡拉盆地构造分区图（据西藏地质局第四地质大队 修改）

1—地名；2—盆地边界；3——级构造；4—二级构造；5—地表构造轴线；6—推测构造轴线；7—盆地边界；
8—老地层出露区；9—逆断层；10—推测断层；11—井位；12—公路；13—潜伏古隆起；14—河湖

表 2-6-2 伦坡拉盆地构造单元划分表

构造带	二级	面积（km^2）	三级（局部构造）
I 北部断褶带 814 km^2	1.达贞保日贡凸起	102	
	2.塘孕伦错凹陷	158	
	3.梁扎鄂冒凸起	217	1.红旗三号构造
	4.鄂加卒斜坡	89	2.牛堡构造 3.红山头鼻状构造
	5.达玉山凸起	151	
	6.红星梁断褶带	79	4.阿里开柏构造 5.红星梁二号构造 6.红星梁一号构造 7.松棵尔构造 8.解浦马的梁构造 9.低鄂总构造
II 中央凹陷带 2267 km^2	1.多加岭凹陷	511	10.红旗一号构造 11、12.东风一号、二号构造 13.穷汤马构造
	2.382 凹陷	379	14、15.东风三号、四号构造 16.红旗四号构造
	3.丁嘎错凹陷	209	
	4.蒋日阿错凹陷	353	17.江东梁构造 18.老丁青构造 19.4603 构造 20.新丁青构造
	5.江加错北部斜坡带	99	21.塘奴陇果西挠曲 22.罗马敌库构造 23.曲松口构造
	6.江加错凹陷	76	
	7.爬错凹陷	304	24.帕陇腰玛鼻状隆起
	8.卢定错斜坡带	84	25.长山北鼻状构造
	9.徐果错凹陷	154	26、27.肖格一号、二号构造
	10.齐布淌凹陷	98	
III 南部斜坡带 536 km^2	1.国格逆淌斜坡	59	
	2.伦坡拉—长山凸起	152	28.伦坡拉构造 29.长山构造
	3.多学库凸起	325	30.肖格尔三号 31.机日岐古凸起

山头鼻状构造。断裂见有红星梁和达玉山南两组断裂（图 2-6-3 和图 2-6-4）。

（2）中央凹陷带　红星梁断裂以南、丁青湖—伦坡拉一线以北地带。第三系发育齐全，向斜中部地层产状平缓。浅层为表皮褶皱，断裂不发育。据物探资料，深部存在着北北东和近东西向两组潜伏断裂，在深部地层因受潜伏断裂影响，表面为地堑洼地，推测深层具洼中隆的构造条件，以及两组断裂相交产生的断鼻构造。已发现有 4603 构造、老丁青构造等。

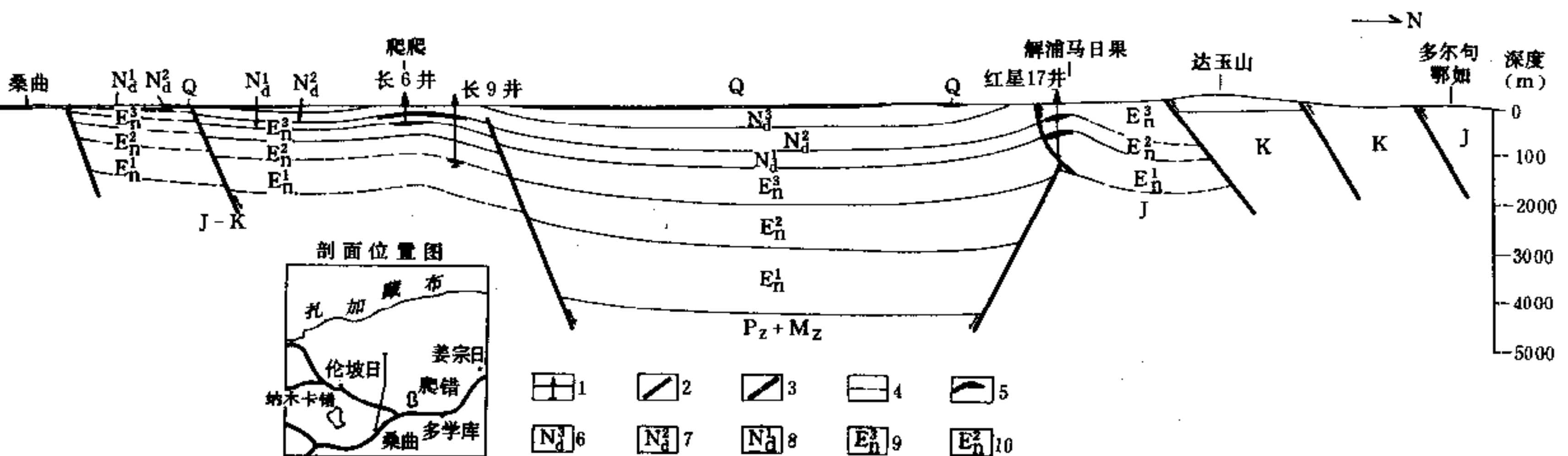


图 2-6-3 伦坡拉盆地桑曲—达玉山构造剖面图（据西藏地质局第四地质大队）

1—钻井井位；2—断层；3—推测断层；4—地层界线；5—油层；6—第三系丁青组三段；
7—第三系丁青组二段；8—第三系丁青组一段；9—第三系牛堡组三段；10—第三系牛堡组二段

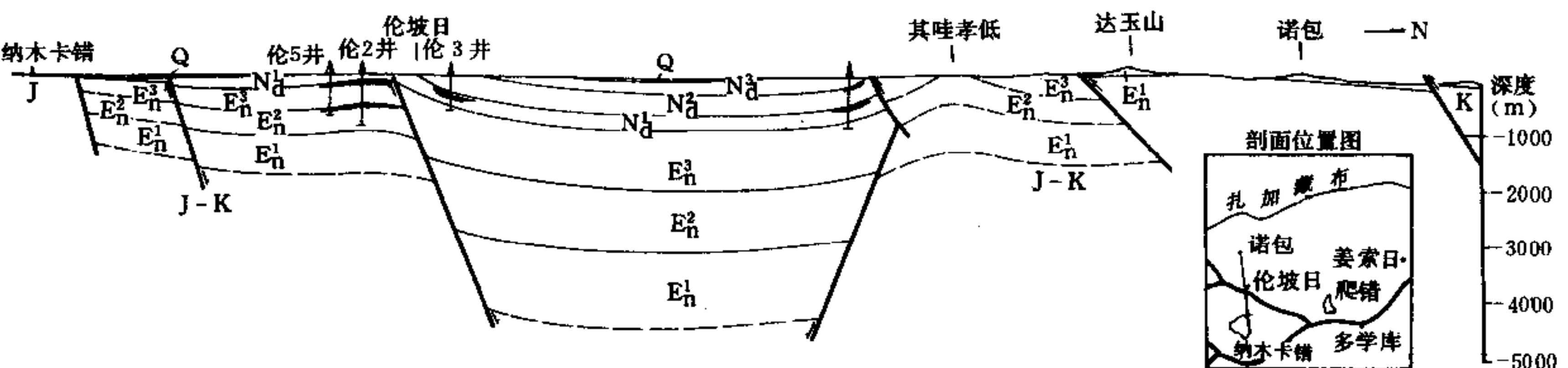


图 2-6-4 伦坡拉盆地纳木卡错—诺包构造剖面图（据西藏地质局第四地质大队）

（图例同图 2-6-3）

(3) 南部斜坡带　丁青湖至伦坡拉一线以南，茶农河以西。牛堡组、丁青组明显变薄，基底埋藏较浅。已发现有新丁青及伦坡拉构造。

(4) 东部斜坡带　包括盆地东部及卢定错以南地区。牛堡组、丁青组较薄，不整合于志留系之上。长上构造第三系推测厚1500米左右。局部构造有长山构造、肖格尔一号、二号构造及一些重力高等。

2.局部构造

伦坡拉盆地内已发现背斜构造22个，多分布在盆地南、北两侧，形成两个构造带，轴向近东西，两翼产状一般较陡，不对称，多数构造东半部表现清楚，西半部由于第四系覆盖而不明显。轴部出露地层都为第三系，自西而东渐次变新。构造的圈闭面积一般较小，多数为4～5平方公里，最大可达10平方公里（牛堡构造），局部构造常常被东西向及北北东向断裂复杂化（图2–6–5）。

按局部构造形态可分三种类型：

(1) 长轴状背斜构造　其特征是褶皱一般较紧密，长轴、短轴之比相差较大。如牛堡构造长轴大于5公里，短轴约2公里；新丁青构造长轴大于15公里，短轴仅一公里，为一尖顶之长轴背斜，轴向是东西向并常被北西西向逆断层切割。

(2) 似短轴状之背斜构造　这类构造形态一般为地层产状平缓，轴部较宽缓。这类构造有长山构造、老丁青构造、曲宗口构造及肖格尔一号、二号构造。

(3) 断鼻构造　与红星梁断裂有关，如红星1、2、3号构造与红星梁断裂呈锐角相交，成因是受南北挤压，早期褶皱形成背斜，继续受压扭沿轴部断开而成为断裂，在断裂形成过程中发生扭动而又派生一系列褶曲构造。另外由北北东与近东西向两组断裂夹持的断鼻构造，如红山头断鼻和红星梁断鼻等。

按其成因条件分析又可分为以下几种：受古构造控制的构造，如长山构造，基底反映为一重力高，是在古隆起背景上形成的薄顶背斜构造，受挤压而形成的背斜构造如牛堡、伦坡拉等。

3.断裂

伦坡拉盆地断裂发育，可分为下列三组（见图2–6–2）。

(1) 北西西向断裂　盆地北侧发育一组北西西向的深断裂，属于班公—怒江深大断裂的一个分支。该带有中生代地层分布，和超基性、基性侵入岩。自北而南分布有藏北大断裂、日怪拾木鄂断裂、达玉山北断裂及红星梁断裂等。它们延伸20～60公里，大多为自北向南推覆的逆掩断层，沿断裂带常有火山岩分布，推测此断裂带开始形成于印支期，如藏北大断裂，而向盆地内分布的断裂则形成燕山期及喜山期，这些边缘断裂控制了盆地的发展和沉积岩厚度分布，形成了北深南浅的箕状断陷盆地，由于其活动时间长，对油气运移和富集起推动作用。

(2) 北北东向断裂　在伦坡拉盆地有一系列分布，其主要特征是，多以张性为主，表现为正断或走滑断层，延伸较长但断距不大，可由老山区横贯盆地，切割北西西，北东东向两组断裂，推测这一组系喜山期的产物。如红星梁—伦坡拉东断裂及东风岭断裂等。由于北北东向断裂与北北西断裂构造成菱形断块，在盆地中形成一些凸起断块和巴湖、尕湖、丁青湖三个次一级凹陷区，这对于找寻地层及潜山油气藏提供了条件。

(3) 北东东向断裂　多见于盆地东南缘，断裂附近出露中生界、古生界，并见有花岗岩、安山岩等。

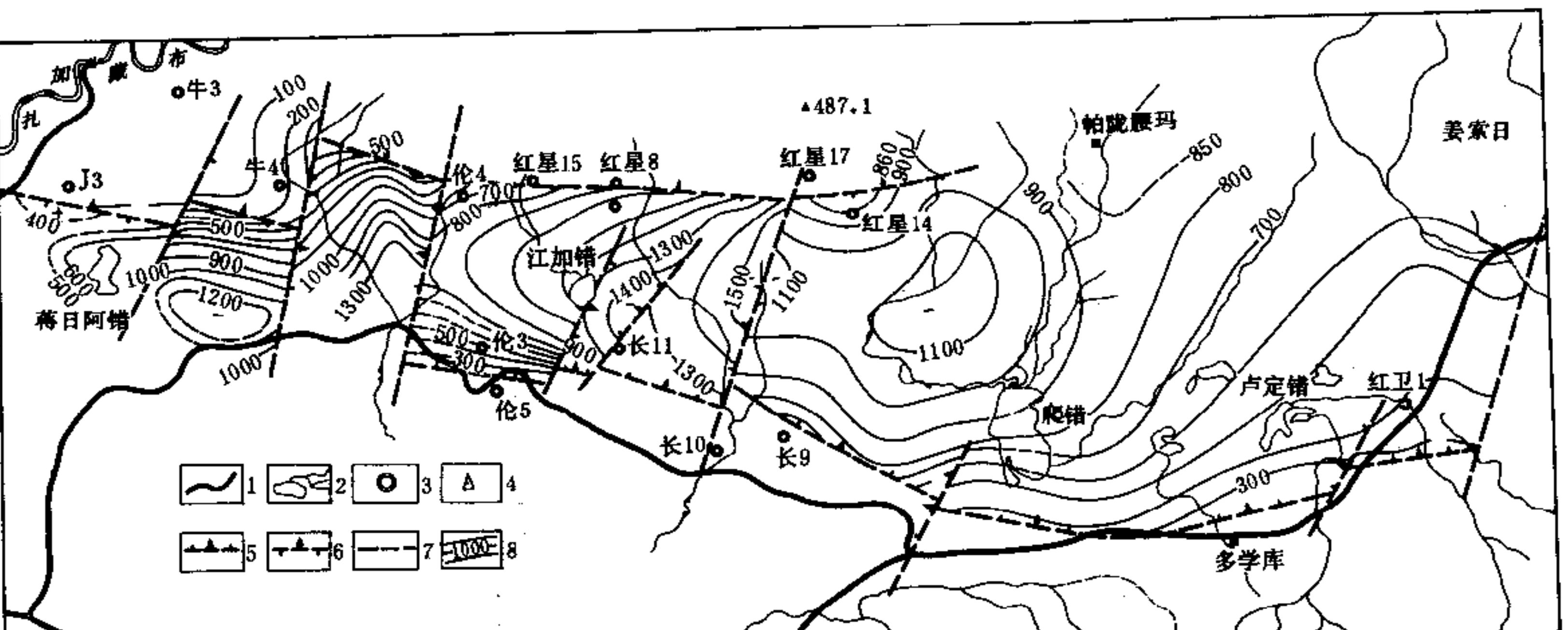


图 2-6-5　伦坡拉盆地中东部丁青组一段底界构造图（据西藏地质局第四地质大队）

1—公路；2—河湖；3—井位；4—三角点；

5—正断层；6—逆断层；7—不定性质断层；8—等深线（单位：m）

第三节　第三系石油地质条件

伦坡拉是个第三系含油盆地，油气显示丰富，遍布于盆地中、东部，多在局部构造及断裂附近，显示类型多，是一个有远景的油气盆地。

1.油气显示

已知地面油气显示达 31 处，其中孔隙含油 14 处，裂隙含油 8 处，天然气显示 9 处。在井下有 41 口井中见油气显示，其层位多在丁青组中下段和牛堡组中段。显示层段一般在 300～500 米，最深在红星 3 井为 1948 米，为油迹粉砂岩。油气显示类型以孔隙砂岩为主，裂隙型砂岩、泥岩及凝灰岩次之。已试油井以红星 6 井较好，在 375.3～392 米日产油 6.822 立方米，获得工业油流。

2.生油层

伦坡拉盆地第三系具备丰富的有机物质和向石油转化的有利条件，丁青组中下部及牛堡组中段为富含有机质的暗色泥岩，分布广泛，从岩性、岩相及地球化学指标等方面分析，具有较好的生油能力（图 2–6–6）。

(1) 生油岩类型　可分为以下两种类型：

1) 暗色泥质岩类　包括灰色泥岩、灰黑色页岩、油页岩。这类岩性含有丰富的介形类化石，局部富集成层。这类生油岩的地球化学指标除有机碳含量较低之外，其余各项指标均可达到我国陆相盆地生油岩的标准，累计厚度可达 800～1000 米，这是盆地的主要生油层。

2) 碳酸盐岩类　包括生物碎屑灰岩、生物鲕状灰岩及泥灰岩等。这类岩层有机质含量较高，向石油转化程度也好，但在盆地内主要分布在斜坡及盆地中心，厚度也小，在长 11 井厚 30 米左右，因此这类岩层为次要的生油岩。

伦坡拉盆地第三系丁青组和牛堡组有机质丰度在生油层标准界限以内，具有一定的生油能力（表 2–6–3），属中等生油层（图 2–6–7）。

表 2–6–3　伦坡拉盆地生油岩对比表

	主要指标		有机质丰度			转化率			
			C ppm	"A" ppm	HC ppm	HC / C %	"A" / C %	HC / "A" %	非烃+沥青质 "A"(%)
陆相生油岩指标	陆相泥岩	一级	10000～50000	1000～5000 以上	500～1000 以上	5～10 以上	>15	>50	<50
		二级	>10000	>1000	>500	>5	>9	>40	<60
		三级	5000～10000	500～1000	100～500	1～5	5～9	25～40	60～75
		差的	3000～5000	200～500	60～100	<1	<5	<25	>75
伦坡拉生油指标	丁青组		8500	2360	725	2.98	9	30.72	64.32
	牛堡组	En^3	4730	1360	329	5.13	11	29.8	65.8
		En^2	4940	1254	504	10.1	25	40	48.4

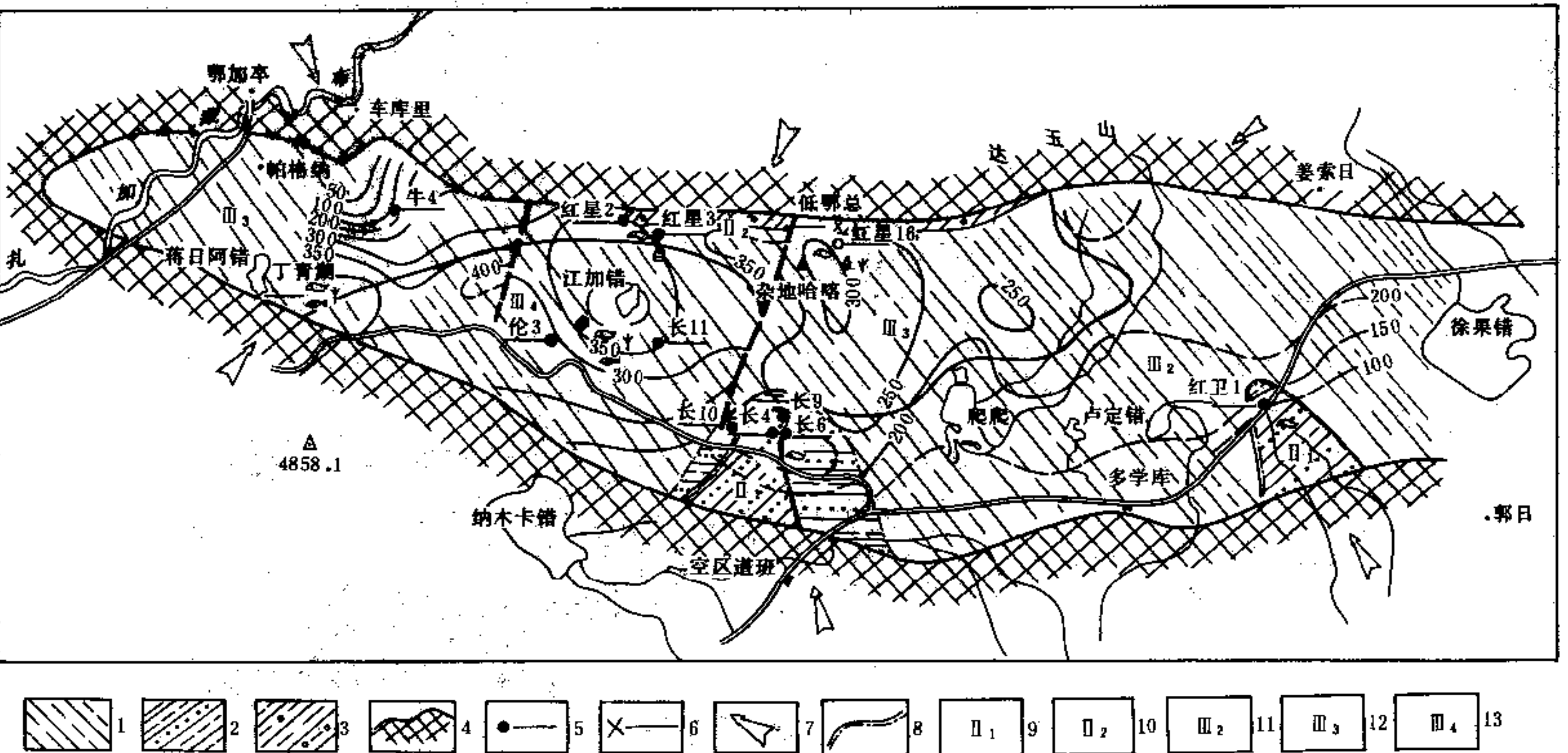


图 2-6-6 伦坡拉盆地第三纪丁青组第一段岩相古地理图

1—泥岩区；2—砂岩、泥岩区；3—泥岩、砾岩区；4—侵蚀分界；5—钻井井位；6—剖面名及厚度（m）；7—沉积物来源；8—相区边界；9—河流—三角洲区；10—河流—滨湖亚相区；11—浅湖亚相区；12—半深湖亚相区；13—深湖亚相区

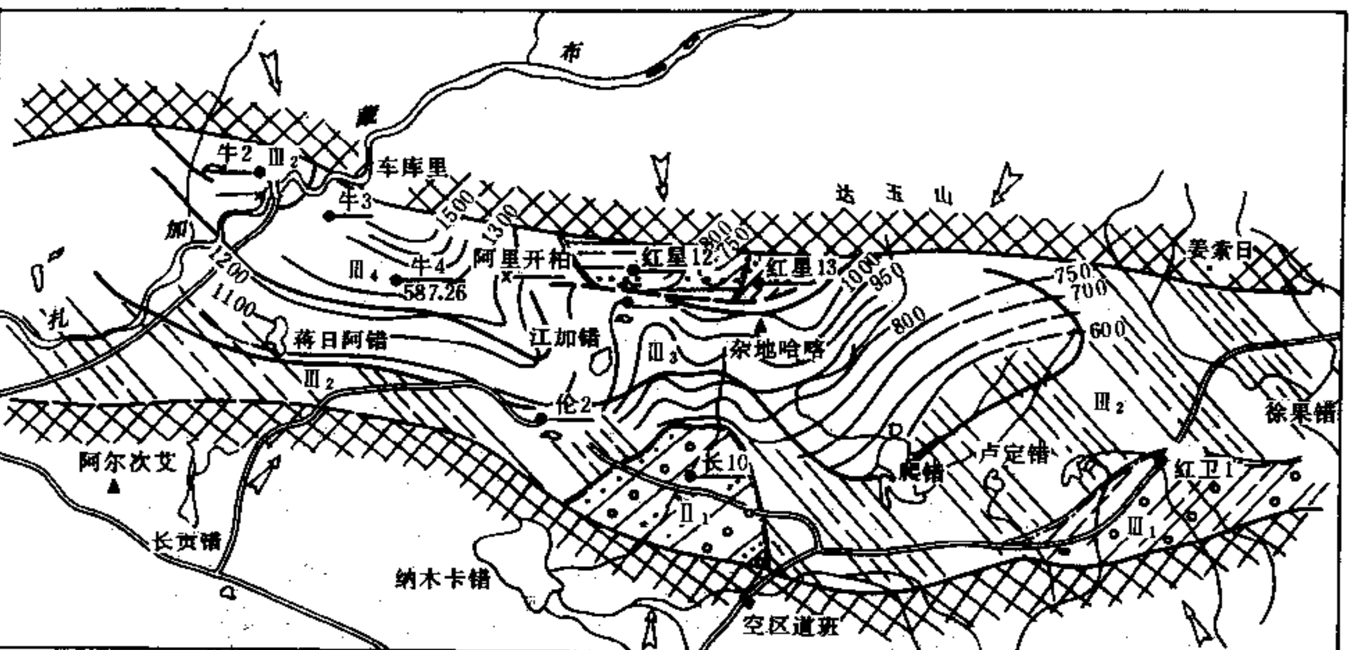


图 2-6-7 伦坡拉盆地中东部牛堡组二段岩相古地理图（据西藏地质局第四地质大队）

（图例同图 2-6-6）

根据钻井和地震资料，伦坡拉盆地第三系厚800～4000米。已知牛堡组生油岩段及丁青组生油层段（受剥蚀）厚1000～1800米。对暗色泥岩的统计资料，牛堡组中段从330～650米，丁青组从200～660米，整个第三系生油岩厚度从800～1200米，为伦坡拉盆地的主要油源层。

(2) 生油岩有机质丰度　岩石中有机质含量是决定油气资源的重要条件，盆地有机质含量见表2–6–3。从表中可知伦坡拉盆地牛堡组中上部和丁青组下部都具有一定的生油能力，转化率属好的和较好的类型，从对比分析看应属中等生油岩类型。

3.储集层

伦坡拉盆地具有多种类型储集层，有碎屑岩、碳酸盐岩和凝灰岩等，储集类型有孔隙型和裂隙型。碎屑岩类储层包括砂岩、砂砾岩，具有较好的储集空间，是盆地中主要的储集层，从表2–6–4中可以看出，伦坡拉盆地第三系储油物性较好，一般孔隙度大于15%，但渗透率差别较大，同国内其他油田对比，属中等渗透性能（图2–6–8）。

表2–6–4　第三系碎屑岩储油物性表

地　区	储油层位	岩　性	有效孔隙度 %	渗透率 $\times 10^{-3}\mu m^2$	备　注
伦拉日	上第三系丁青组下段	砂岩	20.45	0.97	井下分析样品不多，物性资料有待进一步补充
红星梁	上第三系丁青组下段	砂岩	22.40	191.3	
红星梁	下第三系牛堡组中段	砂岩	21.50	<10	
爬爬	下第三系牛堡组下段	砂岩	26.8	130.5	
爬爬	下第三系牛堡组中段	砂岩	13.1	<10	
鄂加卒	下第三系牛堡组中段	细砂岩	21.73	54.9	
冷湖油田	中新统下部	砂岩	23～25.5	>1000	
克拉玛依	上三叠统	砂砾岩	19～21	>100	
胜利油田	下第三系	砂岩	30～35	600～4000	

碳酸盐岩储集层包括石灰岩、鲕状灰岩及生物碎屑灰岩等。多为孔隙储油及裂隙式储油类型。凝灰岩储集层在伦坡拉第三系中多有分布，为酸性晶屑凝灰岩，具有较好的储油性能，如长11井碎屑晶屑凝灰岩的有效孔隙度是33.76%，渗透率为84.5×10^{-3}平方微米；具有较好的储集性能。

4.含油层段的分布

伦坡拉盆地第三系含油层段的特点是：油层薄、分散、连续井段长，根据井下对比和电性特征变化，共划分了九个含油层，第一、二、三含油层为丁青组含油段，第四～九含油层为牛堡组含油段。在九个油层中，三、六、七、八、九油层比较好，含油级别高，单层厚度大，储油物性好，为盆地内主要含油层段．其中以第三含油层最好，红星6井，第三油层共7个小层总厚22.37米，单层最大厚度6.98米。孔隙度20～26.8%，渗透率140～664×10^{-3}平方微米，该层试油获工业油流。现分述如下（图2–6–9）：

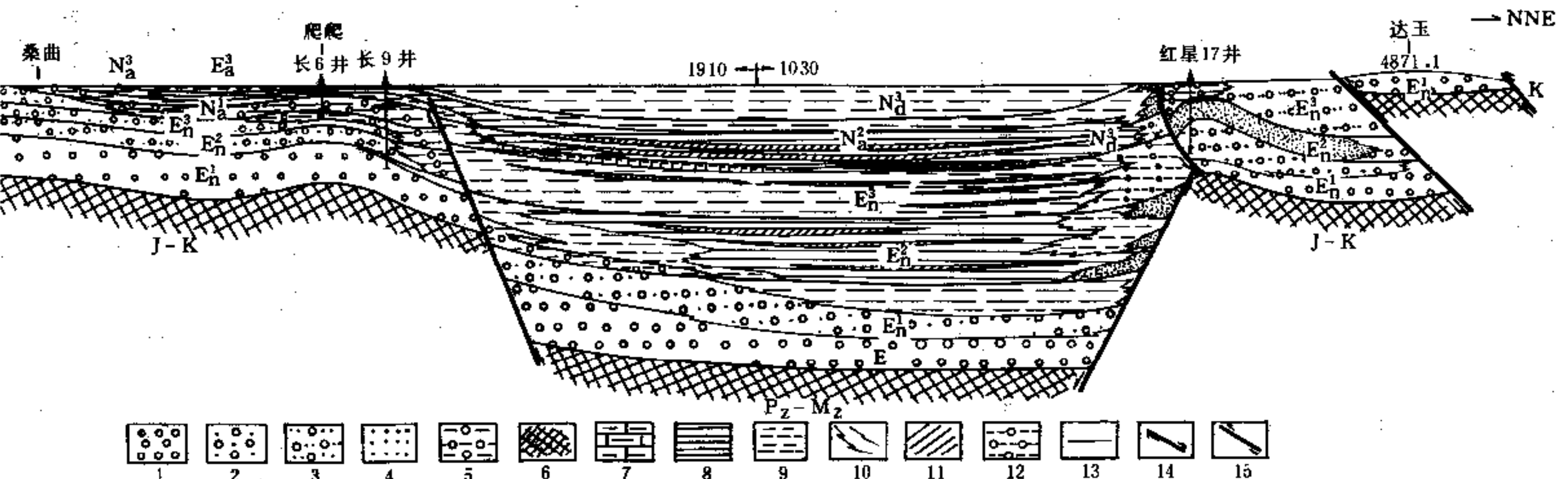


图 2-6-8 伦坡拉盆地桑曲—达玉第三系岩相横剖面图（据西藏地质局第四地质大队修改）

1—洪积—河流相；2—河流相；3—河流—滨湖亚相；4—滨湖亚相；
5—三角洲亚相；6—基岩；7—泥灰岩；8—半深湖亚相；9—浅湖亚相；10—岩相界线；
11—深湖亚相；12—三角洲—浅湖亚相；13—地层界线；14—正断层；15—逆断层

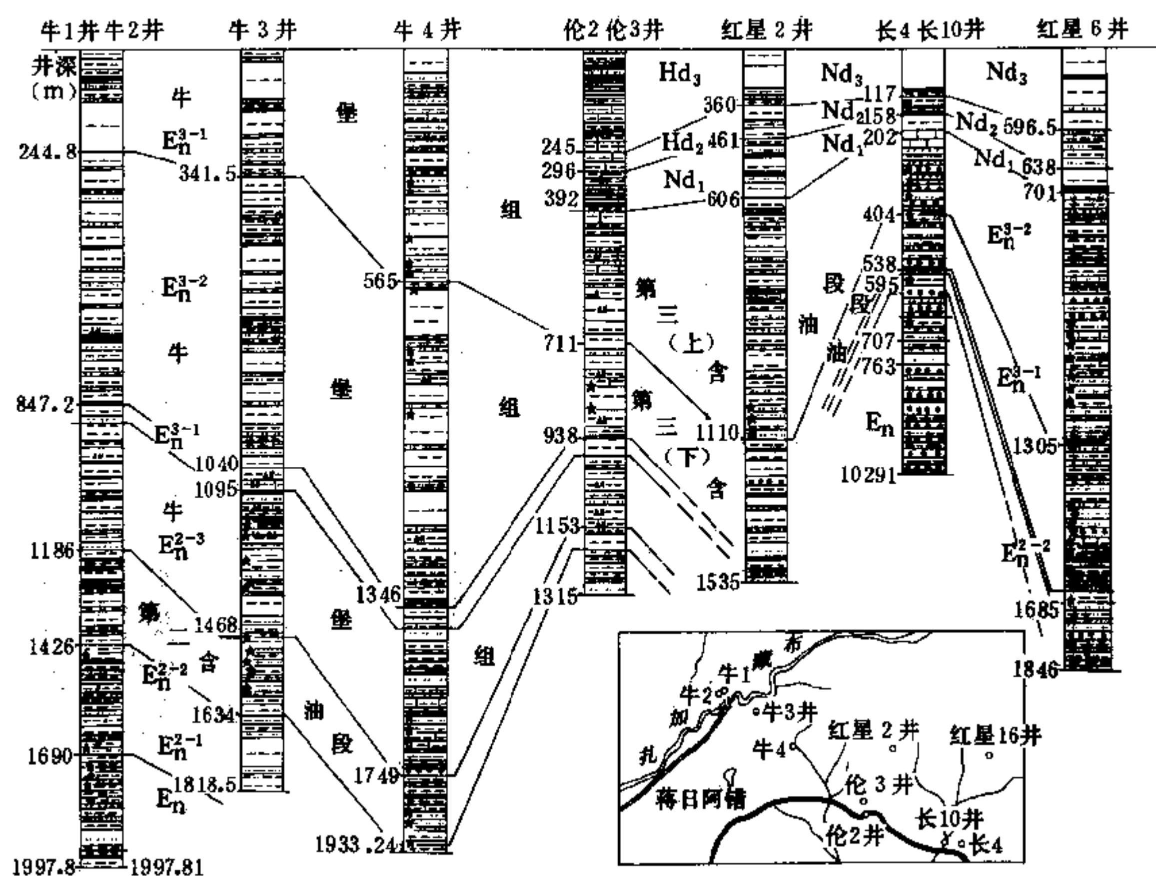


图 2-6-9　伦坡拉盆地第三系含油段对比图

（据西藏地质局第四地质大队修改）

(1) 第一含油层　相当丁青组中部，钻遇的井 17 口，见油浸级别以上的显示井 7 口，其中长 4 井见油浸 15 层，总厚 8.59 米，油斑 12 层厚 1159 米共 20.2 米。孔隙度 25.5～34.9%，渗透率 184～1022×10^{-3} 平方微米，属好的储油物性。一般电性上表现为 3～4 个电阻高峰值的互层。

(2) 第二含油层　相当丁青组中下部，有 16 口井钻穿，见油浸级以上含油显示的有 6 口井，其中长 4 井见油浸、油斑砂岩 10 层共 6 米，单层最大厚度 1.65 米，孔隙度一般 20～30%，渗透率 1～112×10^{-3} 平方微米。

(3) 第三含油层　相当于丁青组底部，共有 24 口井钻穿，见油浸以上含油显示共 13 口井，以红 6 井、长 4 井、伦 3 井为好，如红星 6 井见油浸、油斑砂岩 7 层 22.37 米，单层最厚 6.98 米。红星 2 井油浸油斑 5 层 7.7 米，单层最大厚度 2 米。孔隙度 20～28%，渗透率 141～664×10^{-3} 平方微米（图 2-6-10）。

从已揭示的第三含油层分析资料，得知分布面积广，含油级别高，油层厚度大，物性好是主力油层段。红星梁断裂含油情况好，红星 6 井已证实；断层南盘含油情况亦好，伦 3 井见油浸油砂、含油砂岩 9 层 3.2 米，为三油段含油较好区。

(4) 第四含油层　位于牛堡组上部（En^{3-3}）底部和 En^{3-2} 顶部，已有 18 口井钻穿此层。见油浸级以上含油显示共 11 口井，以长 10、伦 2 等井显示好。如长 10 井油浸、油斑 7 层 6 米，单层最大厚 1.5 米，孔隙度 10～26%，渗透率 1～107^{-3} 平方微米。电性上部呈

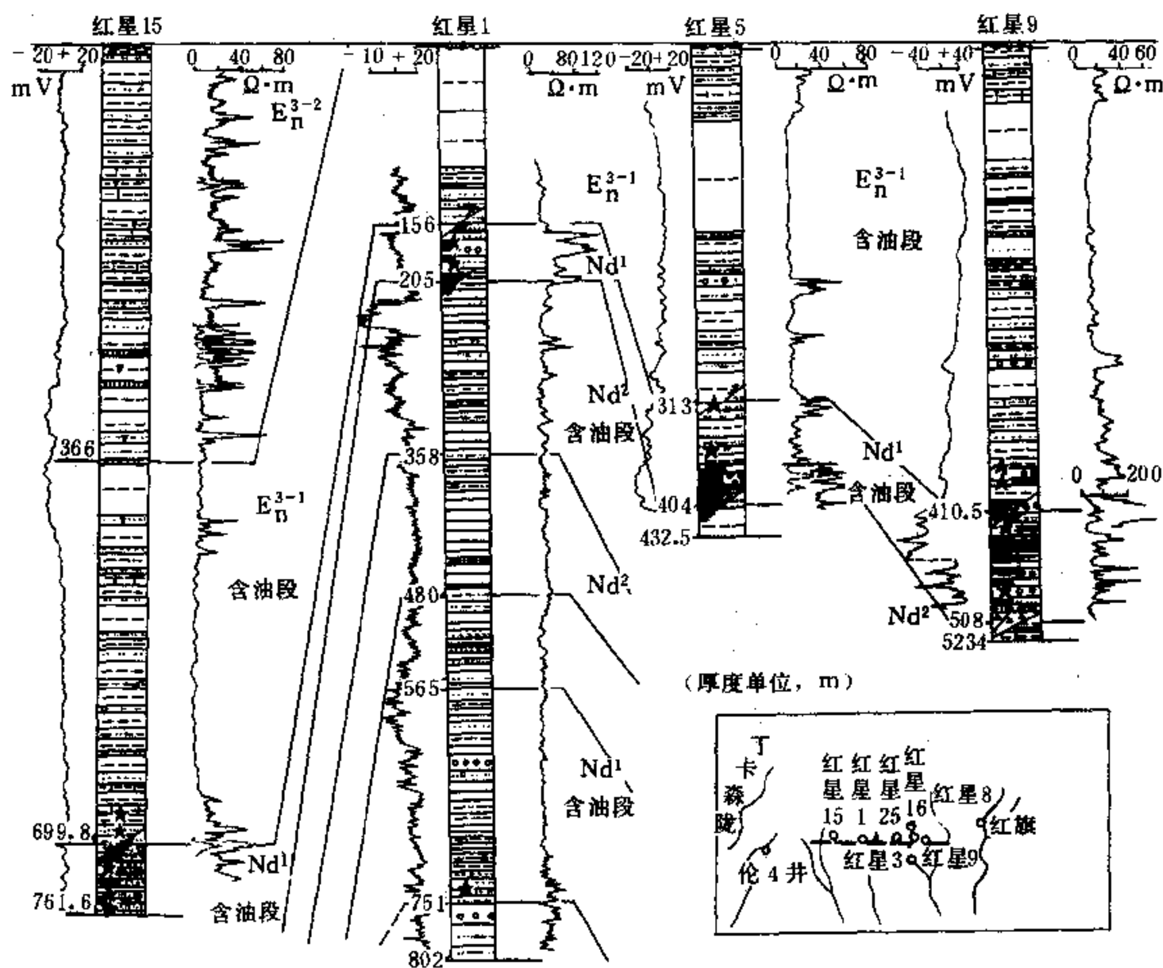


图 2-6-10　伦坡拉盆地红星 15 井至红星 9 井含油段对比图

（据西藏地质局第四地质大队修改）

锯齿状，下部为平缓视电阻率。本油层总的趋势是薄层含油砂岩同大套泥岩、页岩、泥灰岩不等厚互层，物性变化较大。

(5) 第五含油层　位于牛堡组中部 (En^{3-1})，目前已钻穿此层的有 8 口井，见油浸级以上的含油段的有 3 口井，以伦 2、5 井为好。厚度变化大，如伦 2 井油浸一层 0.25 米；红星 2 井油斑 4 层 3 米。此层段含油较差，多为薄层粉砂岩含油。

(6) 第六含油层　位于牛堡组中部 (En^{2-2})，已有 15 口井钻穿此含油段，其中以伦 2、牛 3、长 10 等井含油较好。本层厚度变化大，以牛 3 井为厚，向周围变薄。牛 3 井油浸油斑砂岩 10 层 9.8 米，单层最大厚 1.2 米，而伦 2 井油浸砂岩 2 层 0.15 米，孔隙度 6~10.98%，渗透率 1.7×10^{-3} 平方微米。岩性以粉、细砂岩、泥岩的韵律层为主，见晶屑凝灰岩含油，电性为中等视电阻率，见两个突出高峰值。

(7) 第七含油层　位于牛堡组中下部 (En^{2-2})，已有 18 口井钻穿，见油浸以上级别的含油砂岩 3 口井。本段在全区厚度变化大，牛 3 井油浸油斑砂岩 3 层 4 米，单层最厚 3 米；伦 2 井油浸 3 层 1.94 米，孔隙度 1.85~6.46%，渗透率 $0.62\sim1.16\times10^{-3}$ 平方微米。第七含

油层为粉砂岩、泥岩的韵律层，以牛3井、伦坡日附近为好。

(8) 第八含油层　位于牛堡组中下部（En^{2-1}），有10口井钻穿本层，见油浸砂岩的有4口井，本段岩性较粗以砂砾岩为主，与粉砂质泥岩组成互层。牛二井油砂及油浸油斑5层7.75米，单层最厚2.75米，孔隙度23～24.9%，渗透率$2.23\sim11.62\times10^{-3}$平方微米。

(9) 第九含油层　位于牛堡组中下部，有7口井钻穿本层。见油浸级以上的有3口井，以牛2井，牛浅2井为好。本层以砾岩为主的粗碎屑韵律层，次为粉、细砂岩的韵律层，后者见油浸砂岩及油砂。本含油层含油级别高，单层厚度大，以鄂加卒地区为最好，伦坡日及牛3井区尚未钻穿，有可能存在较好含油层。以牛2井为例，油砂、油浸、油斑砂岩4层13米，单层最大厚度3.10米（油砂），孔隙度6.4～10.95%，渗透率5×10^{-3}平方微米左右。

综上所述，以第三、六、七、八、九五个含油段为好，含油级别高，油层有一定厚度，单层厚度大，物性较好，均可作为伦坡拉盆地的主要目的层。.

按第三系的沉积条件，生油层、储集层的分布情况，可将伦坡拉盆地初步自下而上划分为三套生储盖组合。

第一、牛堡组中部（En^2）为生、储油层，牛堡组上部为盖层的生储组合。包括第6～9四个含油层，牛堡组中上部（En^{3-2}）厚度较大，为良好盖层。

第二、牛堡组上部为生油层（En^{3-3}），丁青组下部为储集层、盖层，主要有第2～3含油层。在凹陷中En^{3-3}为良好生油层，丁青组下部见油层，丁青组中部（Nd^2）为区域盖层。但这种组合埋藏深度较浅，在斜坡两侧可能变粗，对生油条件可能变差。

第三、牛堡组中部（En^2）到丁青组中部（Nd^2）具有生储盖条件，在盆地内可能形成侧变式的生储盖组合。此外，由于断裂的影响还会产生次生的含油组合，如红星梁断裂带的含油组合形式。

5.伦坡拉盆地油气分布与油气藏类型

(1) 油气分布　控制油气分布的条件是多方面，现就几个地区加以简述。

1) 牛堡地区（鄂加卒）　牛堡构造是一个轴向东西向，地面南缓北陡，深部北缓南陡，轴面南倾的长轴背斜（图2-6-11）。为东西向逆冲断层及北东向、北西向断层切割。地表及钻井油气显示丰富。本区岩性变化较大，油层厚度有明显差别（见表2-6-5），含油丰富程度，常和砂岩类别及胶结物有关（表2-6-6）。从表中可看出，粉砂岩孔隙度最高，含油饱和度高，细砂岩次之，而砾状砂岩最差。由于构造活动使本区不断抬升，遭受剥蚀，盖层减薄，浅油层受到氧化，部分油层出露地表。

2) 长山（爬爬）地区　长山构造是在古隆起基底上的短轴背斜，南缓北陡，轴向近东西。地震资料显示南翼、东翼、北翼下倾明显，闭合高度50米，闭合面积4平方公里，由近东西向和北东向断裂所切割。地面及井下油气显示良好，钻井揭示第一含油层及第三含油层变化较大，第二含油层相对稳定。位于轴部附近的长4井厚度大，位于东西围斜之长6井、长10井相对变薄，在构造南北两翼之长5井、长9井也变差，这明显是受构造和断裂控制的结果（表2-6-7）。

储油层的物性条件也同牛堡地区一样有类似的规律，如砾岩物性差不含油，粉、细砂岩虽孔隙度较好，但渗透性差，含油级别低。中细砂岩物性较好，具有一定的储集条件（表2-6-8）。

3) 红星梁地区　红星梁断裂带东西长50公里，它由两条逆掩断层组成（图2-6-12），断面向深部有变缓趋势。在断裂带上发育一系列小型斜列构造，它是控制油气富集条件之

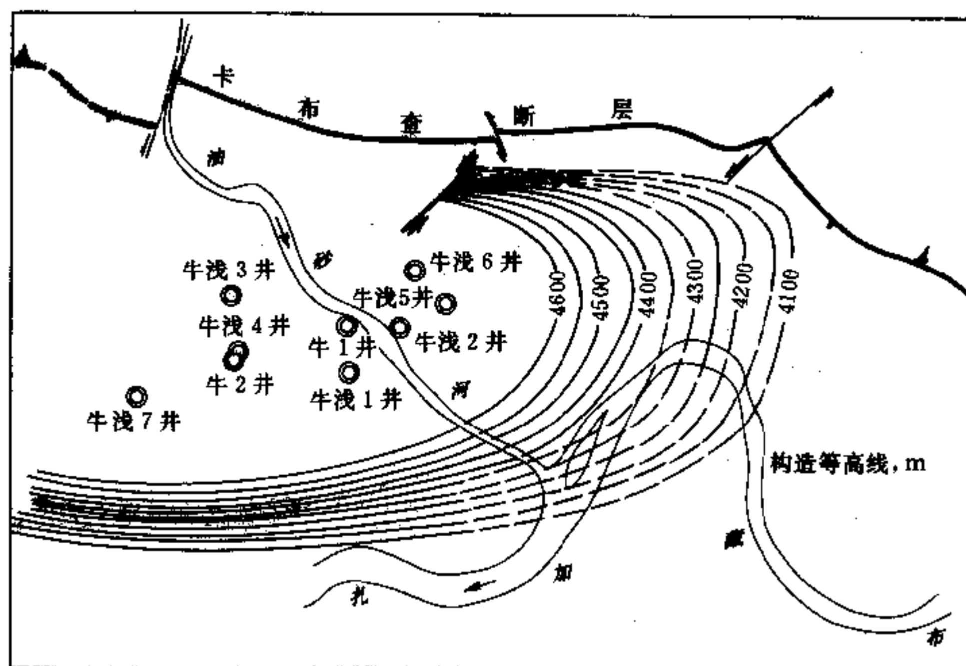


图 2-6-11　伦坡拉盆地牛堡构造图（第一标志层）
（据西藏地质局第四地质大队）

表 2-6-5　牛堡构造第八含油层一小层含油数据表

内容 / 项目 / 井号	油层			含油饱和度		构造位置
	井深(m)	厚度(m)	级别	油%	水%	
牛二井	12.41～14.76	2.75	油砂	68.63	/	轴部
牛一井	30.09～35.05	1.41	油砂	62.00	22.07	轴部
牛浅5井	162.58～168.81	0.32	油砂	41.05	53.89	东围斜
牛浅6井	139.34～139.71	0.40	油浸砾岩	/	/	北翼

表 2-6-6　牛堡组第八含油层含油程度同砂岩类型关系表

井名	层位	深度 m	岩性	物性		胶结		油气饱和度		
				孔隙度 %	渗透率 $\times 10^{-3}\mu m^2$	成分	类型	油 %	气 %	水 %
牛一井	En^{2-1}	32.1	细砂岩	25.6	0.54	灰、泥质	孔隙式	62.00	15.93	22.07
牛二井	En^{2-1}	12.01～14.75	粉砂岩	24.94	11.62	/	/	68.63	1.19	30.18
牛浅二井	En^{2-1}	98.02～99.08	细粒长石砂岩	21.73	54.93	灰、泥质	孔隙式	41.05	4.97	53.98
牛浅五井	En^{2-1}	162.58～162.81	细粒长石砂岩	20.21	59.42	灰、泥质	孔隙式次为接触式	34.25	1.76	55.35
牛浅五井	En^{2-1}	165.55～165.78	细粒长石砂岩	21.74	28.92	灰、泥质	孔隙式次为接触式	32.69	7.8	51.43
牛浅6井	En^{2-1}	174.00	砾质不等粒砂岩	11.74	2.39	灰泥质绢云母	孔隙式接触式	6.67	3.8	85.20

表 2-6-7　长山构造油层厚度变化表

项目 / 井号	第一含油层		第二含油层		第三含油层		累　计	
	层数	厚度(m)	层数	厚度(m)	层数	厚度(m)	层数	厚度(m)
长 1 井	3	10.15	4	2.5	11	9.3	18	21.95
长 2 井	/	/	4	2.44	/	/	4	2.44
长 4 井	26	20.38	12	6.4	12	12.14	50	38.94
长 5 井	2	0.95	12	4.43	/	/	14	5.38
长 6 井	5	2.90	3	2.2	4	4.47	12	9.57
长 7 井	3	7.0	3	7.0	9	15.5	15	29.50
长 9 井	5	11.1	3	8.74	1	1.5	9	21.50
长 10 井	6	7.0	1	0.80	3	2.5	10	10.3

表 2-6-8　长山构造储集层物性同岩石类型关系表

项目 \ 井号	长 7 井	长 6 井	长 4 井	长 5 井
岩性	细砂岩	细～中砂岩	细～中砂岩	粉～细砂岩
孔隙度 %	26.15～32.92	15.82～26.97	25.46～28.94	22.09～23.29
渗透率 $\times 10^{-3}\mu m^2$	58.96～136.97	0.67～30.91	11.6～30.7 164～307	2.63～14.75
样品数	4	2	4	2

一. 在断裂带地面见丰富的沥青砂砾岩及油砂，在钻井中断裂带附近是良好的油气显示层，如红星 6 井见工业油流。红星 2 井、牛 3 井见较好的油气显示，分析认为同红星梁块断鼻状构造和红山头断鼻有关，对油气也有较好控制作用。

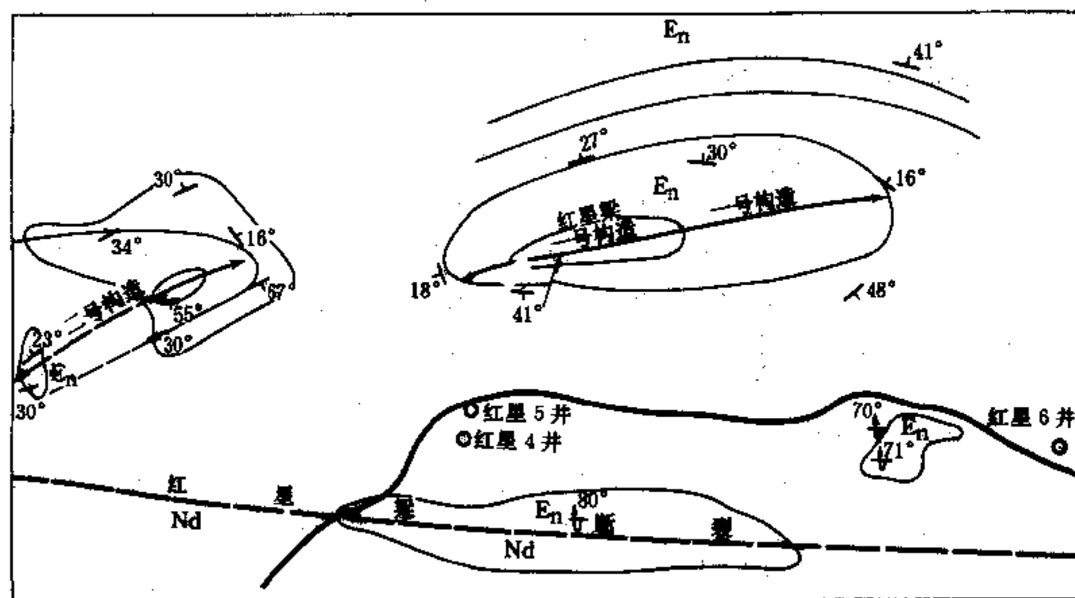


图 2-6-12　红星梁地区构造草图（据西藏地质局第四地质大队）

(2) 油气藏类型　由于盆地的勘探程度较低，钻探工作量很少，对盆地内油气藏的分类仅是初步的，随着勘探工作的深入，将会进一步完善。

1) 背斜构造油气藏　如牛堡、长山构造均属此类型，即在背斜构造的圈闭条件下，具有若干油组，有时被断层切割。

2) 断裂构造油气藏　如红星梁断裂带即属此类，主要是由在一个构造背景上断层封闭使油气聚集。此外，盆地内还存在断鼻构造油气藏也应归此类，如红星梁鼻状构造，红山头鼻状构造。

3) 地层、岩性油气藏　由于盆地内不整合存在，第三系岩性变化也大，在盆地的斜坡和边缘，以及盆地内的古隆起上，随着勘探工作的深入，地层、岩性油气藏将会有所发现。

第四节　含油远景评价

一、伦坡拉盆地资源量估算

伦坡拉盆地面积3500平方公里，是在中生代断陷基础发育起来的，现仅就第三系油气资源量进行估算，做为油气评价的基础。石油工业部石油勘探开发研究院资源评价室曾于近年做过计算，按盆地面积3000平方公里，存在地面、地下圈闭30个。

若根据盆地内第三系生油层厚度930米，生油层分布面积820平方公里，有机碳含量0.64～0.78%，排聚系数按全国二类盆地5%计算，油气资源量在数千万吨以上。盆地已见工业油流，有20口井见油层并试出低产油流。因此，对这个盆地的评价是，在西藏地区是属于有良好远景的中小型含油气盆地。

1981年地质矿产部西藏地质局第四地质大队，利用烃、沥青转化率方法进行生油量计算，其结果是：伦坡拉盆地第三系生油量用烃转化率计算为20.4亿吨（平均每立方公里生油118万吨）；用沥青转化率计算为57.61亿吨（平均每立方公里生油量394万吨）。

伦坡拉盆地具有生油岩厚度大、母质较好、地温梯度高（据西藏地质局第四地质大队报告为6.6℃／100米），因而转化条件有利，促进生油母质向石油的转化。提出的初步资源量计算，具有一定的找油前景。

二、生储油组合形成条件有利

盆地内第三系为两个主要的沉积旋回，牛堡组中下段和丁青组一段为盆地区域性含油段。每个二级旋回的中部为盆地相对稳定沉积时期，沉积了一套深湖—半深湖亚相地层，为盆地内主要生油和盖层的发育期，因此牛堡组中、下段和丁青组中、下段，发育了一套好的生油层，同时还发育一套好的储集层，如以牛堡组En^{2-1}含油段为代表，具有区域性之特点，而牛堡组En^{2-2}和丁青组Nd^2含油段则变化较大，具有地区性的特点。

伦坡拉盆地发育历史阶段清楚，一、二级旋回发育完整，有利于生储盖组合的形成，控制了几个含油段的分布和油层集中的特点，为盆地各类油气藏形成提供了基础。

三、生油期和运移期

据初步研究，伦坡拉盆地的生油岩向石油转化的门限深度为800～850米，温度52.8～56.1℃、当主要生油岩牛堡组二段沉积末期，其底界已埋深1600米，地温112℃，说明牛堡组下部已进入生油期。当牛堡组末期，牛堡组二段顶部已埋深1500米，地温105℃，说明牛二段已全部进入生油期。此时，牛堡组末构造运动发生，盆地西部和北部隆起区局部构造形成，使第一次油气运移有了储集的圈闭。

丁青组沉积末期，牛堡组三段已埋深1251.85米，地温达87℃，已全部进入生油阶段。当时，丁青组一段已埋深860米，地温为59.6℃，也已进入低成熟阶段。丁青组末期构造运动随之发生，由于南北向的挤压作用使盆地内构造圈闭基本定型，造成了盆地的第二次油气运移聚集，从而形成了盆地油气藏分布的基本格局。伦坡拉盆地在地质历史发展过程中，油气运移期和构造形成时期有机的配合，构成了盆地油气藏以构造油气藏为主的特点，也是盆地油气形成的有利条件。

四、原油性质变化较大

伦坡拉盆地原油分析资料已有五口井，其中牛浅2井和红星6井比较准确，从分析资料看（表2-6-9、10、11），伦坡拉盆地的多数原油具有比重高，粘度高，初馏点高。部分井如红星6井则凝固点较低（100℃），低馏分达37%，沥青含量较低。总的看属于高比重，较高粘度，较高含硫低蜡的重质原油。但是部分井的原油为低凝油，这对今后油田开发是个有利条件。从原油组分分析，饱和烃普遍低，而非烃加沥青质则高达40～65%，说明盆地的原油具有低熟的特点，这是值得注意的。少数井原油性质显著变差，含硫增高，是受氧化的结果。今后勘探工作应选择保存条件较好的地区比较有利，如红星梁地区因保存条件较好，红星6井原油性质较好。

表2-6-9 伦坡拉盆地原油性质表

构造	井号＼项目	比重 d20℃	粘度 50℃	含蜡 %	凝固点 ℃	含硫 %	含盐量	闪点	初馏
红星断褶带	红星5井	0.9440	3180.4	5.52	26℃	2.24			
	红星6井	0.9210	230.5		-2℃	1.84	315mg/l		100℃
鄂加卒斜坡	牛浅2井	0.9299	66.5	16.2～17.2	-4℃	1.4～1.51		120℃	108℃

表2-6-10 伦坡拉盆地原油族组分分析数据表

构造	井号＼项目	饱和烃 %	芳香烃 %	饱/芳	饱和+芳香烃 %	非烃 %	沥青质 %	非烃+沥青质 %	说明
红星梁断褶带	红星7井	15.4	19.5		38.4	63.8	1.23	65.43	槽面原油
	红星6井	41.93	14.28		56.21	31.35	12.44	43.79	试油样
	红星5井	32.42	26.48		58.9	39.39	1.71	41.10	提捞桶
	红星4井	30.54	25.62		56.1	41.38	2.64	43.84	槽面原油
鄂加卒斜坡	牛浅2井	35.55	16.75		52.3	23.22	24.48	47.7	试油样

表2-6-11 伦坡拉盆地原油300℃以前馏分对比表

含量＼油田	大庆	华北	柴达木	四川	伦坡拉		说明
					牛堡构造	红星梁	
300℃以前馏分	31%	29.5	53%	43.5%	<20%	37～54%	

（据西藏地质局第四地质大队）

五、晚喜山期运动对油气藏保存条件的影响

伦坡拉盆地在上中新世末，结束了第三系沉积，据化石资料，当时的海拔约在2000～2500米，而今地形高达4500～4800米，说明从上新世末至第四系上升了2000～2500米，盆地这一差异升降的活动，对已形成的油气藏起了一定的破坏作用。因此认为，晚喜山期运动对盆地内南北斜坡区构造带的油气藏有着明显破坏作用，而北部构造区又较南部斜坡区剥蚀明显，从而影响了南北两带的油气富集。但盆地内有良好的生油层，含油气组合发育，构造圈闭多，聚油条件有利。在盆地的范围内，尤以中央凹陷区和北部构造带的松棵尔地区，都具有较好的保存条件。因此伦坡拉盆地仍具有很大油气潜力，盆地内虽已钻了52口井，但绝大多数为浅井，而井深在1500～2000米的仅有6口（牛3、牛4、红星2、3、红星12、16井），1000～1500米的有8口（红卫1、长9、10、11、红星4、17、丁4、东1井）。这对于伦坡拉盆地来说，中、深层还未揭露，这些都影响了对盆地中、深层的评价，和其他层系及类型油气藏的发现。另外，以资料分析，盆地的测井、完井工作和试油工作也还存在薄弱环节，如果加以改进，将会发现更多的工业油井。

根据上述基本石油地质条件的评价和分析，现对伦坡拉盆地含油气远景及有利地区做出以下初步评价：

第一、有利含油远景区　主要包括中央凹陷区的蒋日阿错、爬错北部和鄂加卒、江加错北斜坡，北部构造带的红星梁断裂构造带中部（松棵尔地区），面积有410余平方公里。本区具有：

1）位于生油岩分布最厚、最好的地区，总厚达1200米。在中部江加错地区也是牛堡组丁青组一段生油良好地区，厚度稍薄，仅900米，牛堡组含油层段发育良好，一般埋藏在1000米以下，为盆地内保存条件最好的地带。

2）局部构造发育，具有一定的圈闭面积，区内已落实的局部构造有：松棵尔构造（图2–6–13）、红星梁断裂带、红山头鼻状构造、老丁青等9个局部构造，为油气藏的形成提供了圈闭条件。

3）油气显示丰富（表2–6–4），并已获得工业性油流，其中以牛3、牛4、红星13、14和红星6井显示最好；红星6井见工业油流。

对本区的油气形成条件进一步分析后，初步提出以下重点区域。

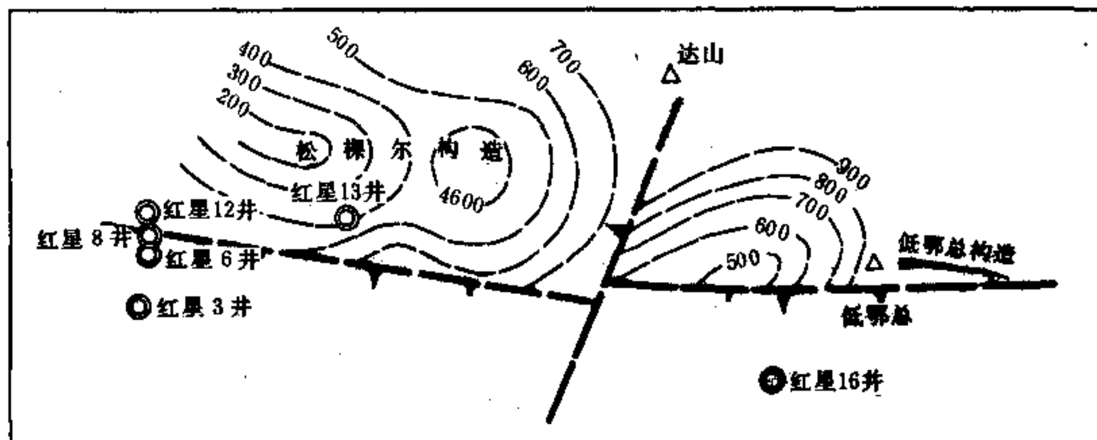


图2–6–13　松棵尔构造草图（En^3底）（据西藏地质局第四地质大队）

a.最有远景区　位于红星梁断裂构造带的松棵尔地区，面积40平方公里，包括松棵尔背斜及红星梁断裂构造带。

b.有利的远景区　位于红星梁断层以南，西至车布里，向东至罗马狄库的地带，面积80平方公里。包括有红星梁断裂带南侧分布的红山头鼻状构造、红星梁断层遮档圈闭、罗马狄库鼻状构造等。

c.推测远景区　包括老丁青构造、4603鼻状构造和东部的帕龙腰玛鼻状构造，面积为292平方公里，从石油地质条件分析，应属含油远景区，主要是工作程度较低。

第二、含油较有利地区　本区位于伦坡拉—长山断层以北，包括蒋日阿错、江加错、爬错南部和卢定错斜坡区，面积约385平方公里。本区位于或邻近良好的生油区，含油层段发育，并有较好的保存条件。区内有较好储集相带分布，但构造圈闭较少，对地层超覆油气藏的形成具有良好条件。

a.较有利的远景区　包括伦坡拉构造（图2–6–14）、北部斜坡和长山北部鼻状构造，面积约124平方公里。

b.推测较有利地区　本区包括新丁青构造和卢定错斜坡，面积261平方公里。新丁青构造位于蒋日阿错凹陷中部，为一东西向背斜构造，因位于牛堡组生油最好的地区内，推测可

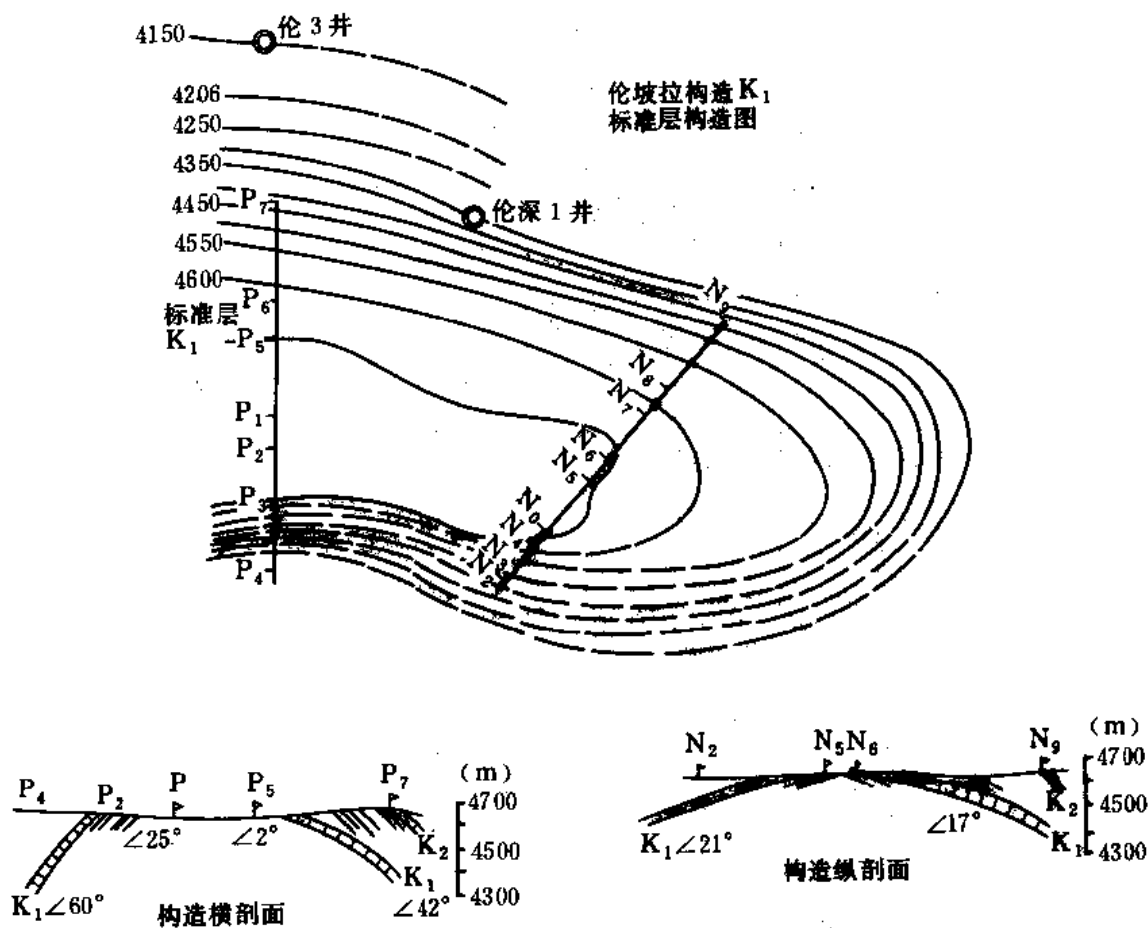


图2–6–14　伦坡拉盆地伦坡拉构造K_1标志层构造图

（据西藏地质局第四地质大队）

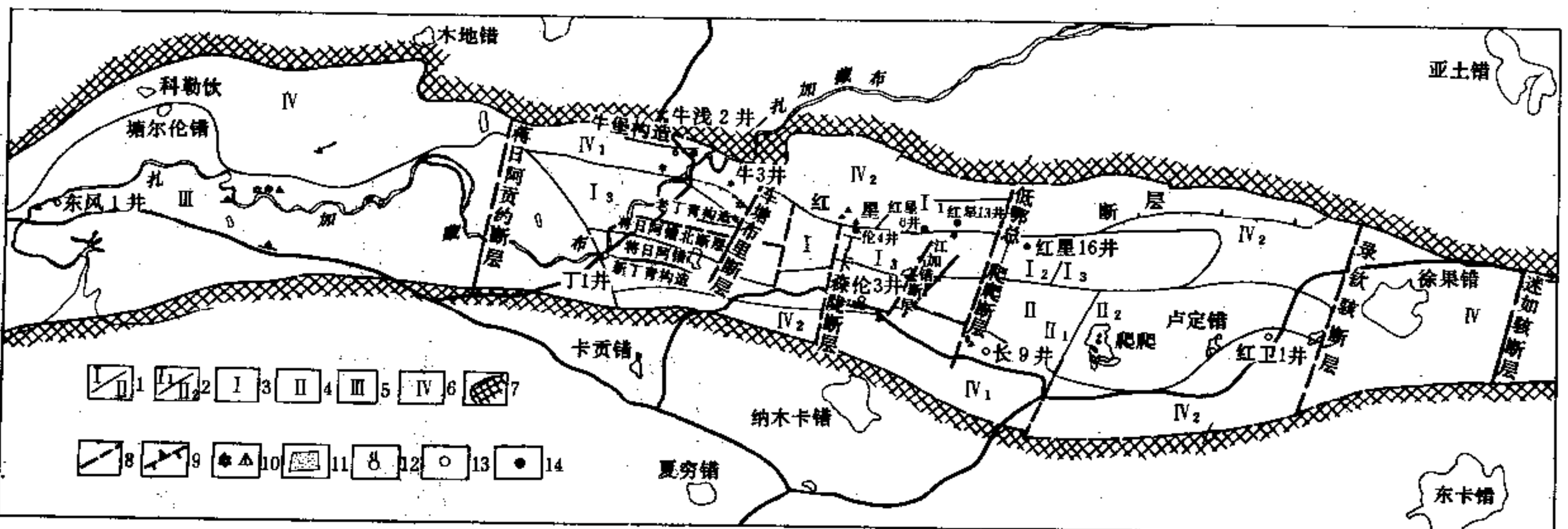


图 2-6-15　伦坡拉盆地含油远景评价图

1—远景分区界线；2—次级分区界线；3—有利远景区；4—较有利远景区；
5—可能有利远景区；6—远景较差区；7—盆地边界；8—边界断层；9—断层；
10—油苗或沥青；11—良好生油区；12—气苗；13—井位；14—工业油井

能形成牛堡组含油段的构造油气藏。而卢定错斜坡则有利于地层、岩性油气藏的形成。

c.可能有利远景区（图 2–6–15）

本区位于鄂加卒—丁四井一线以西地区（即盆地西部地区），面积 1279 平方公里。本区工作程度低，主要发育有牛堡组，沉积厚度转东部变薄，为一套浅湖相沉积，生油条件较差。但盆地西部白垩系为未变质的海相地层，提高了含油远景评价的条件。

①白垩纪地层具有较好的生油条件，主要由浅海相灰岩、生物灰岩组成，据分析资料，上部郎山组基本具备生油条件。同国内外碳酸盐岩生油指标对比如下（表 2–6–12）：

表 2–6–12　郎山组同国内外碳酸盐岩地球化学指标对比表

生油岩指标	有机 C ppm	"A" ppm	烃含量 ppm	烃转化率 （烃／C）%
国内外常用指标	1000	100	60	1～5
郎山组灰岩	400	210	90.9	20

郎山组沥青组分分析，饱和烃（占氯仿沥青的 62.1%）是芳香烃的 9 倍，说明有机质含量低，但生油母质好，转化率高，厚度也大（500 米），具有一定的生油能力。

②郎山组灰岩溶蚀现象明显，具有与上覆第三系形成古潜山类型油气藏的地质条件。此外区内地面油气显示较多，说明有过油气生成聚集的过程。综合上述条件，综合评价认为本区为一含油远景较有利地区。

第三、较小远景区　包括南北隆起区和录钦骇断裂以东地区，面积约 1300 平方公里。主要是隆起太高，剥蚀严重，保存条件差，经钻井证实，主要目的层不具工业价值。

第七章　水文地质及地热资源

第一节　水 文 地 质*

一、水文区划

中国科学院青藏高原综合科学考察队水利组于1973～1976年根据调查研究和有关资料将西藏划分为以下几个水文区、地带和片（图2-7-1）。

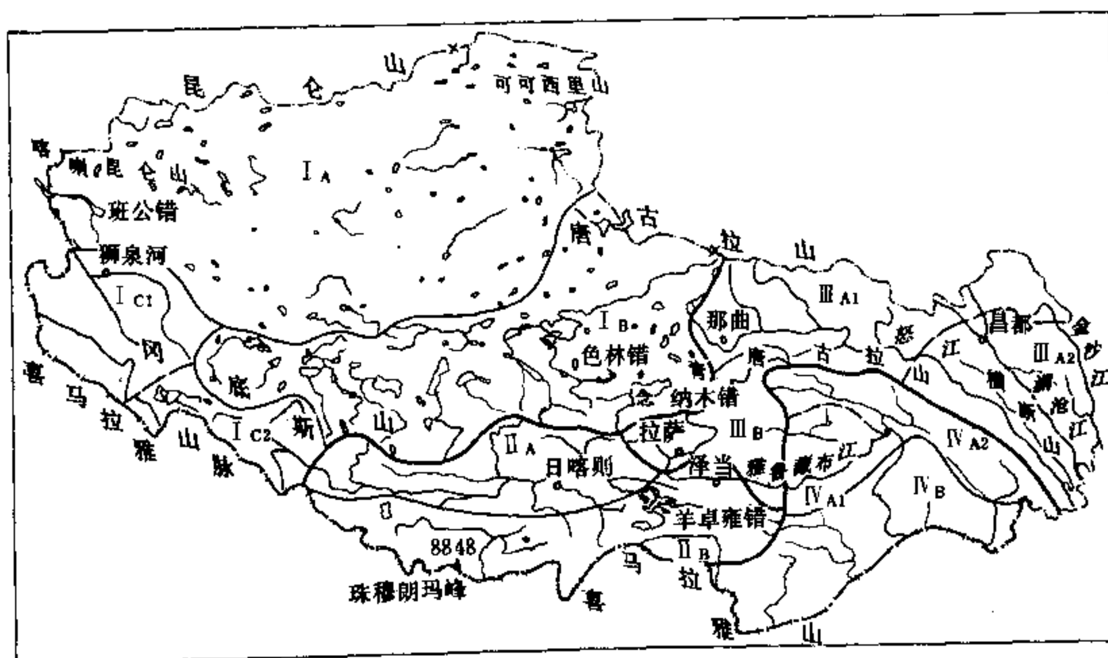


图2-7-1　西藏水文区划图（据关志华等，1984）

I—藏西北水文区：I_A—北羌塘地带；I_B—南羌塘地带；I_C—四河地带；
I_{C1}—森格藏布—朗钦藏布片；I_{C2}—当却藏布—马甲藏布片；
II—藏中南水文区：II_A—雅鲁藏布江中游地带；II_B—中喜马拉雅山北坡地带；
III—藏东北水文区：III_A—三江地带；III_{A1}—三江上游片；III_{A2}—三江峡谷片；III_B—拉萨河地带；
IV—藏东南水文区：IV_A—东喜马拉雅北缘地带；IV_{A1}—林芝宽谷片；
IV_{A2}—波密窄谷片；IV_B—东喜马拉雅南缘地带

西藏的几次地壳抬升，特别是晚上新世到更新世阶段的喜马拉雅山再次强烈的抬升活动，使高原地区急骤隆起。与此同时，岩层褶皱剧烈，倾角陡，断层发育，因此，在一些紧密褶曲的向斜、单斜以及构造断裂带中，可能有承压水的分布；在一些大断裂带里，埋藏有丰富的脉状水；岩石裂隙发育地区，其基岩裂隙水也较为发育。在喜马拉雅山麓的陈塘、亚

---

* 本章主要参考了中国科学院青藏高原综合考察队成果编写的，油田水资料在西藏地区很少，其中在伦坡拉盆地（第六章）已做过叙述，这里从略。

东和雅鲁藏布江大拐弯等地，多有泉水出露，大部分为裂隙水和断层水等。西藏湖泊绝大多数是新构造运动相对沉陷的产物，形成的时期主要是第三纪初期，当时湖水面积甚为广阔，不少湖泊是相连的大湖，后因气候变干旱而退缩，与湖泊退缩相应的是湖水咸化和水生生物贫乏化。高原湖泊退缩与咸化阶段，主要始于中更新世之后，湖水水位降低，湖体分离，湖滨出露宽阔的滩地及众多的古湖岸线，从而分割成无数小湖，大致形成现代湖泊的格局。本文水文区划，采用全国区划的指标和原则，以使西藏水文区划能与毗邻省区相衔接对比。

1.藏西北水文区

该地区指的是羌塘高原和仲巴以西的广大范围，主要属阿里和那曲地区。本区除西南一隅为外流区外，其余均为内流区，内陆湖为咸水或盐水湖泊，无饮用和灌溉之利。河流分属藏北内流和印度洋两大水系。内流水系一般规模很小，基本上为间歇性河流；印度洋水系为常年性河流，年平均径流深均在100毫米以下。

(1) 北羌塘地带　该地带是昆仑山以南的羌塘北部广大地区，为内流区，绝大部分河流在冬季要断流。河水的矿化度一般较高，多在300毫克／升以上。高矿化水多属氯化物水和硫酸盐水，低矿化水多属重碳酸盐水。

(2) 南羌塘地带　该地带位于岗底斯—念青唐古拉山的北侧，羌塘高原南部。河水主要靠地下水和雨水补给，矿化度多在300～500毫克／升，为重碳酸盐型和硫酸盐型水。在河水的阳离子组成中，钠离子的含量较高，往往超过钙离子。湖泊主要靠河水和地下水补给，矿化度在20克／升以下，大多数过水湖属淡水湖。

(3) 四河地带　指森格藏布、朗钦藏布、马甲藏布和当却藏布流域，呈条带状夹持在喜马拉雅、冈底斯两大山脉之间。森格藏布—朗钦藏布片地形从东南向西北，由宽谷丘陵向宽谷低中山演变，河床比降较大；当却藏布—马甲藏布片，除了马甲藏布下游地形起伏较大外，大部为高原宽谷湖盆丘陵地形，水源条件较好。

2.藏中南水文区

该地区指的是喜马拉雅山以北，冈底斯山以南的广大内外流地区，主要包括朋曲流域、藏南内流和雅鲁藏布江中游大部分流域，主要属日喀则、山南地区。河流分属印度洋和藏南内流两大水系，印度洋水系的河流大部分汇入雅鲁藏布江和朋曲；藏南内流水系的河流多为间歇性河流，年平均径流深约100～200毫米。区内有内陆湖泊，也有外流湖泊。内陆湖的湖面面积大，多为构造湖；外流湖均较小，多为冰川湖。

3.藏东北水文区

该区主要指的是三江流域即金沙江、澜沧江、怒江在西藏境内的广大流域和雅鲁藏布江桑日至郎县干流以及支流拉萨河流域和尼洋曲上游地区，呈弧状展布在拉萨、那曲、昌都三个地区。河流分属太平洋和印度洋两大水系。太平洋水系的河流有澜沧江和金沙江；印度洋水系的河流有雅鲁藏布江和怒江，支流有拉萨河、尼洋曲等。本区北部和西部地形起伏较小，第四纪沉积物广布，洪积、冲积层潜水较为发育，东部裂隙水较多。三江地带水量比较丰富，年平均径流量为534亿立方米。河水矿化度略高于西部河流，约200～300毫克／升。湖泊主要分布在北部分水岭地区，为外流湖泊。据分析，这些湖泊曾经是内陆湖，后因地壳不断隆起，河流向源侵蚀的增强而逐步变成外流湖，湖水水质比河水差，有的是咸水湖。拉萨河地带河水的矿化度较低，一般在120～200毫克／升，属重碳酸盐型水，阳离子一般以钙离子为主，河水含沙量小。河流到冬季只有岸冰，一般不封冻。

4.藏东南水文区

本区主要指雅鲁藏布江朗县以东的干、支流，西巴霞曲中、下游，丹龙曲，察隅曲和吉太曲等流域，属于昌都、拉萨和山南地区。北部地区河水径流深约大于 500 毫米，一般在 1000 毫米左右；南部地区径流深均在 1000 毫米以上，不少地方大于 2000 毫米。东喜马拉雅北缘地带河流水量较大，矿化度很低，一般在 100 毫克／升以下，属于弱矿化水，河水的总硬度一般都在 1000 毫克当量／升以下，属极软水，pH 值呈中性或弱酸性。河水清澈，悬移质含沙量很小。但这里是西藏冰川泥石流活动频繁的地区。一般河流中、上游分布有河道型湖泊，一类为冰川湖，多位于河流的上游；另一类为壅塞湖，多位于河流的中、下游，是地震、泥石流、滑坡后的产物，如易贡错、然乌错均属此类。东喜马拉雅南缘地带是西藏海拔最低的地区，河流水量丰富，坡降大，水能蕴藏量十分丰富。该地区河水主要靠雨水补给，河水矿化度一般在 50～100 毫克／升，水化学类型单一，多为重碳酸盐类，水质优良。

二、河水水化学组成及水型

从总体来看，西藏内流区域的河水水化学复杂，外流区域的河水水化学比较简单，并且河源处的矿化度及总硬度偏低、中段偏高、下段又偏低（图 2–7–2）。

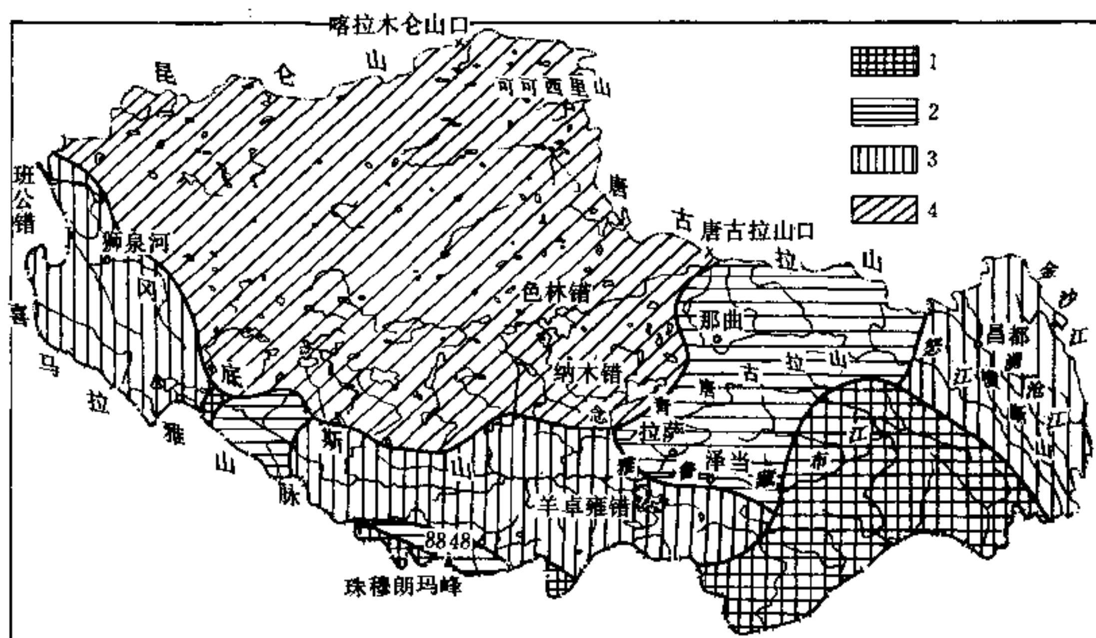


图 2–7–2　西藏河水矿化度分布图（据关志华等，1984）

1—＜100 毫克／升；2—100～200 毫克／升；3—200～300 毫克／升；4—＞300 毫克／升

通过分析，西藏河水矿化度和总硬度依其不同补给类型而各有差异。融水补给为主的地区，河水矿化度较低，一般在 100 毫克／升以下，有的低于 50 毫克／升；雨水补给为主的地区，由于侵蚀作用较强，河水的矿化度较高，多在 100～250 毫克／升；地下水补给为主的地区，由于水体在地下流动缓慢，与土壤、岩石的相互作用时间长，矿化度增高很快，一般在 300 毫克／升以上，有的达 1 克／升以上。

从分析的水样中可以看出，广大的藏南外流、藏南内流地区，除少数河流和河段外，水化学类型比较单一，在阴离子中，以重碳酸根离子为主，其含量占阴离子总量的 60～80%（以毫克当量百分数计算，下同），硫酸根离子次之，氯离子最少。在阳离子中，以钙离子为

主，其含量占阳离子总量的 40～70%，钠、钾离子次之，镁离子的含量很少。重碳酸根离子和钙离子随着离子总量的增加而增加。当离子总量在 180 毫克／升以下时，两种离子增加均较快；当离子总量大于 180 毫克／升以后，两种离子增加均很慢。硫酸根离子在同一地点比较稳定，而在不同地点，随矿化度的不同，变化很大，说明硫酸根离子含量高的地点，可能分布有石膏之类的可溶性盐，或者附近含有硫酸钙与硫酸镁等盐分的淀积层。当离子总量超过一定数量时，水型就可能由钙组向钠、钾组转变。

藏北高原由于地域辽阔，干旱少雨，蒸发强烈，而且海拔高、气温低，寒冻风化强烈，冰雪融水和夏季降雨往往通过地下补给河流。因此，河水的离子组成变化很大，据 9 个水样分析结果，其中 5 个水样，阴离子以重碳酸根离子为主，阳离子以钙离子或钠、钾离子为主，水型分别为 C_{I}^{Ca}●、C_{II}^{Ca}、C_{III}^{Ca} 和 C_{I}^{Mg}、C_{II}^{Na}；有 3 个水样，阴离子以硫酸根离子为主，阳离子以钙离子或钠、钾离子为主，水型分别为S_{II}^{Na}●或 S_{II}^{Ca}；有 1 个水样，阴离子以氯离子为主，阳离子以钠离子为主，水型为 Cl_{II}^{Na}●。从不同水型的矿化度来看，重碳酸盐水的矿化度低，多在 500 毫克／升以下；氯化物水的矿化度最高，在 1 克／升以上；硫酸盐水居中。

雅鲁藏布江河源段，海拔在 4700 米以上，河水以融水补给为主，矿化度较低，多在 60 毫克／升左右。在阴离子中，以重碳酸根离子为主，占阴离子总量的 61～72%，而硫酸根离子和氯离子含量都很少。在阳离子中，绝大多数以钠和钾离子为主，钙、镁离子含量很少，水型为 C_{I}^{Na}，但当矿化度超过 90 毫克／升以后，钙离子的含量又超过了钠、钾离子，水型变为 C_{I}^{Na}，这种变化是由于源头地区岩石表面可能吸附着一些钠离子，当水流过时，水中钙离子与钠离子产生了离子交换的结果。

藏东南尼洋曲流域处在高原向外缘的过渡地区，气候温暖湿润，降水量大，冰川与积雪分布面积广，河水以融水补给为主，水型除 3 条支流和局部干流段为 C_{II}^{Ca} 外，其它均为硫酸盐水。阳离子中，出现三种情况：有的水样以钙离子为主，有的水样以钠、钾离子为主，个别水样以镁离子为主。

三、湖水的化学性质和类型

星罗棋布的西藏湖泊，湖水矿化度由藏东南向藏西北、由藏南向藏北增高，呈现淡水—微咸水—咸水—盐湖与干盐湖的分布趋势。藏东南湖泊的矿化度多在 0.1 克／升上下，为淡水湖；藏南多介于 0.4～6.0 克／升之间，主要为淡水湖和咸水湖；藏北南部介于 1～45 克／升之间，主要为咸水湖；藏北北部则多在 22 克／升以上，最高达 300 克／升以上，主要为盐湖。随着矿化度的改变，湖水中主要阴、阳离子的含量、总硬度以及水化学类型也相应发生变化。随着矿化度的升高，咸水湖和盐湖中的钠、钾、氯离子含量迅速增加；淡水湖中的重碳酸离子和钠、钾离子增加。淡水湖泊的总硬度一般在 5 毫克当量／升以下，咸水湖和盐湖总硬度一般不随矿化度升高而增加。

图 2-7-3 表明西藏各类湖泊中主要离子相对含量平均值（毫克当量%）的变化趋势。随着矿化度的升高，阴离子相对含量的变化，除 CO_3^{-2} 不明显外，HCO_3^{-1} 明显降低，Cl^{-1} 则急剧增加，SO_4^{-2} 于咸水湖中增加而于盐湖中又降低。HCO_3^{-1} 在淡水湖中约占 70%，在咸水湖中

●阴离子以重碳酸根为主，阳离子以钙或钾、钠离子为主，水型分别为C_{I}^{Ca}、C_{II}^{Ca}、C_{III}^{Ca}和C_{I}^{Mg}、C_{II}^{Na}。阴离子以硫酸根或氯离子为主，阳离子以钙、钾、钠或钠离子为主，水型分别为 S_{II}^{Na}、S_{II}^{Ca} 或 Cl_{II}^{Na}。

多降至 20%以下；而在盐湖中，除个别以外，均不超过 5%，大部分甚至不超过 1%。Cl^{-1} 在淡水湖中平均不到 10%；咸水湖中多介于 20～60%之间；而在盐湖中，则多稳定保持在 70%以上。SO_4^{-2} 一般在淡水湖中不超过 25%，咸水湖中变动在 20～50%之间，盐湖中又多不超过 20%。阳离子相对含量的变化趋势，大体上 Ca^{+2} 类似 HCO_3^{-1}，$Na^{+1}+K^{+1}$ 类似 Cl^{-1}，Mg^{+2} 类似 SO_4^{-2}。在淡水湖中，Ca^{+2} 平均为 40%左右；而大部分咸水湖、盐湖中 Ca^{+2} 的含量都非常低，一般不到 5%，$Na^{+1}+K^{+1}$ 在淡水湖中多不到 40%，咸水湖中平均超过 70%，而在盐湖中则稳定在 80%以上。Mg^{+2} 在淡水湖中一般低于 Ca^{+2} 和 $Na^{+1}+K^{+1}$；在咸水湖和盐湖中则明显高于 Ca^{+2}，分别可达到 20～40%和 10%上下，这是因为镁的硫酸盐和碳酸盐的溶解度相对要大于钙的盐类。

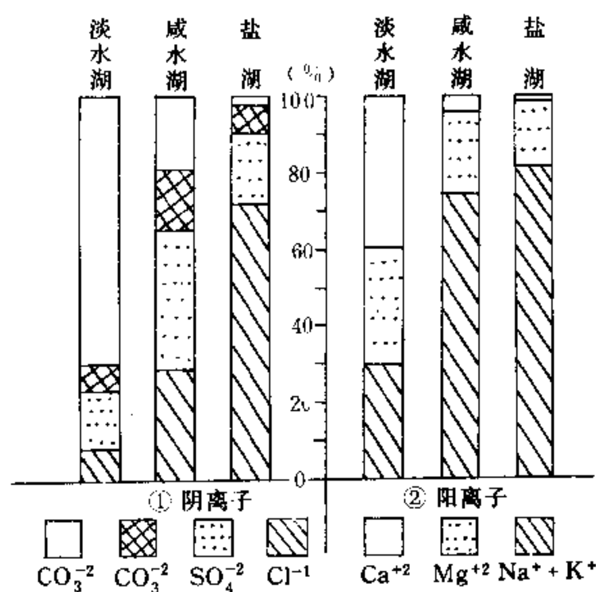


图 2-7-3 西藏各类湖水中主要阴、阳离子平均含量（毫克当量%）图解（据关志华等）

由于西藏湖水矿化度的地区差异十分显著，主要离子相对含量的变化在各湖区反映明显，所以从藏东南到藏北北部，湖水中各主要离子相对含量的平均值也随着矿化度的升高呈现比较规律的变化（表 2-7-1）。

表 2-7-1 西藏各湖区湖水化学成分平均值及主要水化学类型表

湖区	湖泊数（个） 其中：淡、咸、盐湖个数（个）	矿化度 g/l 平均	矿化度 g/l 主要变幅	阴离子含量 毫克当量% CO_3^{-2}	HCO_3^{-1}	SO_4^{-2}	Cl^{-1}	阳离子含量 毫克当量% Ca^{+2}	Mg^{+2}	$Na^{+1}+K^{+1}$	Li^{+1}	主要水型
Ⅰ 藏东南外流湖区	6 6、0、0	0.132	0.057～0.144	3.5	76.0	16.3	4.2	60.9	17.0	22.1		C^{Ca}
Ⅱ 藏南外流—内陆湖区	16 7、8、1	11.27	0.406～6.01	11.4	45.0	34.8	8.8	17.5	32.9	49.5	0.1	C^{Na}、C^{Mg}、S^{Mg}
Ⅲ 藏北内陆湖区 $Ⅲ_1$ 南部	18 5、9、4	49.18	0.516～39.60	16.6	28.6	26.5	28.3	6.3	17.8	75.2	0.7	C^{Na}、S^{Na}、Cl^{Na}
Ⅲ 藏北内陆湖区 $Ⅲ_2$ 北部	25 0、8、17	132.5	22.60～318.0	8.2	3.4	18.4	70.0	1.5	17.8	80.4	0.3	Cl^{Na}
各区含量顺序			$Ⅲ_2>Ⅲ_1>Ⅱ>Ⅰ$		$Ⅰ>Ⅱ>Ⅲ_1>Ⅲ_2$		$Ⅲ_2>Ⅲ_1>Ⅱ>Ⅰ$	$Ⅰ>Ⅱ>Ⅲ_1>Ⅲ_2$		$Ⅲ_2>Ⅲ_1>Ⅱ>Ⅰ$		

氢离子浓度在西藏湖水中普遍比较低，pH 值多超过 7，湖水一般呈弱碱性或碱性。氢离子浓度主要取决于 CO_2、HCO_3^{-1}、CO_3^{-2} 间的相对含量。淡水湖矿化度低，水中主要含有 HCO_3^{-1}，也有少量游离 CO_2，pH 值多介于 7～8 之间，湖水偏中性和弱碱性。咸水湖中主要含有 CO_3^{-2} 和 HCO_3^{-1}，但 CO_2 很少，故 pH 值平均超过 9，湖水多呈弱碱性或碱性。盐湖中 CO_3^{-2} 与 HCO_3^{-1} 的百分含量一般比咸水湖要小，pH 值降至 8～9 之间，湖水大都呈弱碱性。

西藏湖泊由于矿化度的变幅很大，各主要离子组成关系也相应有显著变化，致使化学类型复杂多样。淡水湖的样点，多为重碳酸盐类，钙组水，其次是重碳酸盐类，钠组或镁组水。盐湖样点绝大部分为氯化物类，钠组水。咸水湖样点据西藏 25 个较大的咸水湖资料统计，其中 9 个为硫酸盐类，钠组水；7 个为重碳酸盐类，钠组水；5 个为氯化物类，钠组水；4 个为硫酸盐类，镁组水。即硫酸盐类水型超过了半数，钠组水较多，且未见各类水中的钙组水，这反映了咸水湖的水型具有从淡水湖向盐湖过渡的特点。若按湖水体积与固体化学沉积物比例关系分类，则西藏盐湖多数属卤水盐湖，部分为干湖，干土湖很少见。干湖的特点是在一年中的雨季才有表面卤水存在，旱季则完全干涸，藏北北部的玛尔果茶卡即是干湖的一例。

第二节 地热资源

西藏高原的南部存在一条活动强烈的地热带，即喜马拉雅地热带。它出现于喜马拉雅弧形褶皱带的后缘，北界为藏北高原的南缘，即冈底斯—拉萨—波密燕山褶皱带的南半部，南界为喜马拉雅山脉主脊线的北翼，囊括了整个西藏特提斯带，西侧与地中海—阿尔卑斯带相通。喜马拉雅地热带呈东西方向横亘在西藏雅鲁藏布缝合线两侧，是地中海—喜马拉雅地热带极为重要的组成部分。喜马拉雅地热带内存在着强烈的水热活动，如过去认为只能出现在现代火山区的水热爆炸、间歇喷泉以及众多的水汽两相显示现象在高原上都可以见到，现代水热爆炸区已发现有十处之多，其活动之频繁和强烈程度为全世界所罕见。位于拉萨市附近的羊八井热田和其它水热区地热资源颇为丰富。据研究，西藏高原上的地热现象和高原隆起很可能存在因果关系。

一、西藏高原地热区的分布

地热活动与断裂构造密切相关。断裂在地热活动中，无论是对于岩浆向上侵位或喷出，或是对于水热流体的对流循环，都起着通道等作用。青藏高原的周边都是区域性的大断裂，但是地热活动并不强烈，可是，在青藏高原的内部，水热活动区比比皆是，尤以雅鲁藏布古缝合线南北最为强烈。这些地热活动的事实充分地说明了水热区的出现位置明显地受缝合线两侧斜向断裂及南北向断裂的控制，特别是在不同方向的断裂相互交截的地方（图 2-7-4）。

1）阿里地区的地热活动主要集中于噶尔藏布断裂附近，该断裂带在卫星影象上极为明显。沿着断裂在我国境内出现了 6 个汽水两相泉群，即典角、那不如、巴尔 I 与 II、索多 I 与 II 等水热区。巴尔与索多水热区均位于断裂的南侧，是雅鲁藏布古缝合线与噶尔藏布断裂的交会点。那不如等沸泉群俱无泉华沉淀，说明它们可能是比较年青的水热区。在古缝合线与噶尔藏布交会点北西西方向的断裂带上，仍然出现许多热泉，如齐吾贡巴热泉、公珠错热泉、门士热泉等。

2）雅鲁藏布江中游河谷段正好与古缝合线相合，拉孜至岗来段水热活动相当发育，特别是在雅鲁藏布古缝合线与近南北向断裂相交处，这一段共有水热活动区 10 个，其中有 4 个沸泉：岗来Ⅰ、岗来Ⅱ、色米及拉布朗，其余多为 40℃以上的热泉。在峡谷东西两端的侵入体与围岩接触带是沸泉的出露地点。峡谷西端的岗来两个沸泉区正当东西向断裂与南北向的岗来—仓木达断裂的交截点。

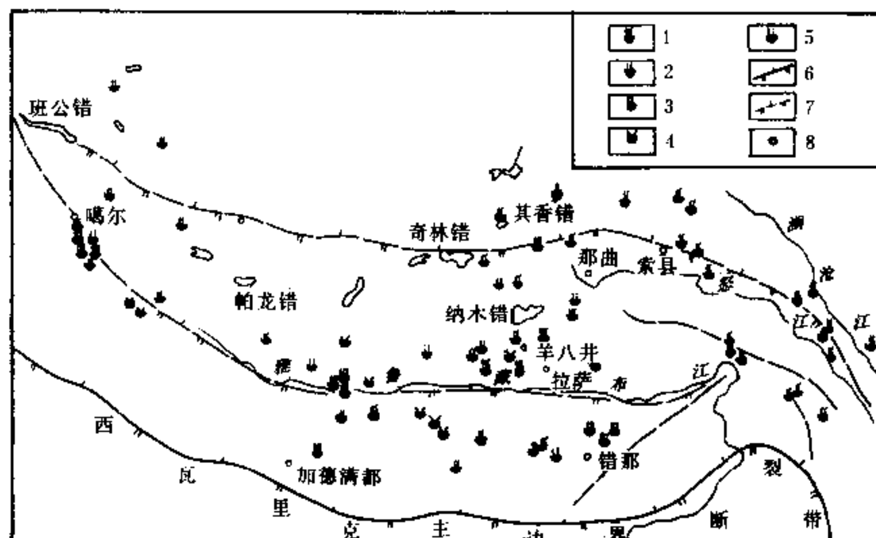


图 2-7-4　西藏地热显示分布图（据佟伟等，修改）

1—沸泉；2—沸腾泉；3—间歇喷泉；4—水热爆炸；5—热泉；
6—西瓦里克主边界断裂；7—早期压性断裂；8—第四纪火山口

3）藏南低分水岭地带的岗巴县境有两个水热爆炸区，北部为苦玛，南部叫科作。水热区的出露位置受两组断裂所控制。西面的萨迦县卡乌水热爆炸区位于东拉喜马拉雅期花岗岩西北侧一明显的北东向斜向断裂之上。哲古湖东南是水热活动集中而又强烈的地区，这里恰是东西向的隆子—羊卓雍断裂带与曲松—错那断裂带的交汇处。附近水热区呈东西向排列，有喏、布雄朗古、巴布的密、撒嘎朗嘎及突多等沸泉群，还有温度高达 83℃的茶卡热泉区。曲松—错那断裂是高原南部规模最大的横向断裂，附近有许多南北向的喜马拉雅期花岗岩体，沿断裂分布有上十个水热区，除洞嗄为沸泉外，其余都是热泉。

4）雅鲁藏布江以北的念青唐古拉山前断裂带附近是水热活动最强烈的地区。念青唐古拉断裂是一长期发育的断裂带，在当雄九子拉一带被南北向的那曲—九子拉—拉萨断裂所交截；在羊八井附近受南北向的吉达果—尼木断裂带交截。此段内有两个汽水两相水热活动区，即羊八井与曲才，还有四、五个热泉及温泉区。羊八井水热爆炸区的水热活动规模以及时代之新均居高原之冠。羊八井以南的吉达果—尼木断裂带，实际上是一新生代断堑，地表上表现为一长条状山间谷地，此带内有尼木县莫龙沸泉区、当雄县羊易卡嘎喷气孔区和布莱沸泉区以及吉达果热泉与嘎日穷热泉区等。如嘎日穷热泉就是从南北向断层与东西向断层的交切点流出的，并且顺东西向断崖沿藏布曲成一字排开。交截念青唐古拉断裂的两条南北向断裂亦是热水活动相当集中的地区。那曲—九子拉—拉萨断裂带是地震活动最强烈的地区，那曲—九子拉段有 6 个水热活动区，其中两个（谷露与董翁）为汽水两相水热区。1951 年

及 1952 年谷露附近曾发生过 8.0 及 7.5 级两次大地震，对水热活动有很大的影响。

5）藏北高原的东南角有一系列湖泊呈雁行式排列，湖泊底部隐伏有北东向断层呈左行平移，产生了一系列南北向张断层，沿着这些张断层在湖边有热泉出露。藏北高原内部水热活动显著减弱，泉区数量急剧减少，只有热泉和温泉，温度也偏低。它们或者沿活化的东西向老断层发育（如兹格塘错热田等）；或者出现在北东向断层或北西向断层附近，如帕野曲真热田；在这两组断层交截的地方，常可出现温度较高的热泉，如龙马尔热泉区等。

6）昌都地区以水热区数量多和温度低为特征。它们的出露点明显的受弧形断裂带的控制，怒江断裂带西南的水热区数量最多，如松宗—日东断裂带，水热区连绵不断，特别是易贡—通麦—索通一带，水热活动尤为强烈，通麦长青则出现蒸气显示。与松宗—日东断裂带大体平行的东边为觉隆—仲沙断裂带，在仲沙—然乌间发育一组北西 20° 的断层，与主断裂呈 25° 相交，在交接处出现规模较大和温度较高的仲沙热田。怒江断裂带是那曲东部—昌都规模最大的一条断层，沿此断裂带出现一条长达几百公里的超基性岩带。那曲地区东部的巴青、比如、索县一带的热泉大多与其有关，丁青县水热区虽然很多，但温度均不高，且以低温碳酸泉为主。在八宿的怒江桥以南，沿怒江河谷出现的水热活动的强度又有所增强。怒江断裂带东北的水热活动显著减弱，但热泉群也明显地位于断裂所切断的背斜附近，如以上古生界为核部的青泥铜—海通复背斜被觉拥断层错断，而有觉拥热泉出现等。

青藏高原的断裂构造，特别是新生代的断裂构造常常构成水热活动良好的通道，它们呈明显的带状分布，是形成喜马拉雅地热带的必要的地质构造条件。

二、主要热田

1.羊八井热田

羊八井热田位于拉萨市西北 90 公里的羊八井区西侧，正当念青唐古拉山山前断陷盆地的西南段，海拔 4200～4500 米。羊八井盆地面积约 40 平方公里，热田居盆地中部，按视电阻率极小值 10 欧姆米等值线圈定的面积共 7.2 平方公里；按植物生态异常圈定的面积约 5.8 平方公里；降雪时融雪异常区的分布范围则和 10 欧姆米等值线圈定的范围大体相当。按照热田地表漏泄显示情况分出十七显示区（图 2−7−5），各显示区之间是地表无显示的地温异常区，0.8 米深处的地温不少地方超过 20℃。无显示异常区的总面积约 6.8 平方公里。

水热爆炸是羊八井热田的典型地热现象景观之一，它是一种十分独特的水热活动，不同于火山活动中的水汽爆炸，与岩浆上侵和喷出都没有直接联系，但是它的活动强度猛烈乃至采取爆炸的形式，水文地质学家认为只有浅部存在过热的地下热水或蒸汽以及超压现象才有可能导致这种异常高压水热爆炸活动。如羊 1 孔 1977 年 12 月 4 日 14：25 至 14：28 发生水热爆炸，持续时间 3 分钟。据亲临现场的西藏地质局地热地质大队的科技人员记述："下午 2 时许，突然一声巨响，一股粗大的热水柱冲向天空，高达 50 多米，爆炸口径约 12 米左右，坑内热水冲击四壁，深 12 米，井口阀门压力表被冲坏，井架倾倒。"羊 1 孔是一个勘探孔，目的是探测浅层增温梯度，当孔深达 38.89 米提钻准备下井口管时发生意外热水爆炸，经过 2 年零 4 个月放喷之后，爆炸点深度约 40 米左右，过热水的温度不低于 170℃。羊八井热田的所有水热爆炸现象都出现在热田的南部。（图 2−7−6）。

羊八井热水湖位于热田北东端，平面略呈椭圆形，长轴近南北向，约 110 米，短轴约 80 米，面积约 7350 平方米，水面低于岸边 4～6 米。热水湖水色蓝碧，热水自最深处上涌，水体在整个涌水区徐徐湍动，水深 16.1 米。泄水口在湖区正南，通过 400 多米的渠道注入藏布曲河。湖底涌水区温度 47.5℃，湖面水温变化在 45～59℃之间，湖水温度在一昼

夜间的变化幅度为2℃，而且温度变化和流量变化之间有反向关系。据研究，热水湖的湖盆很可能是一次较大型水热爆炸的产物，只是形成年代比较久远，所以爆炸形成的垣体已经基本流失，于今东南岸尚有残垣依稀可辨。

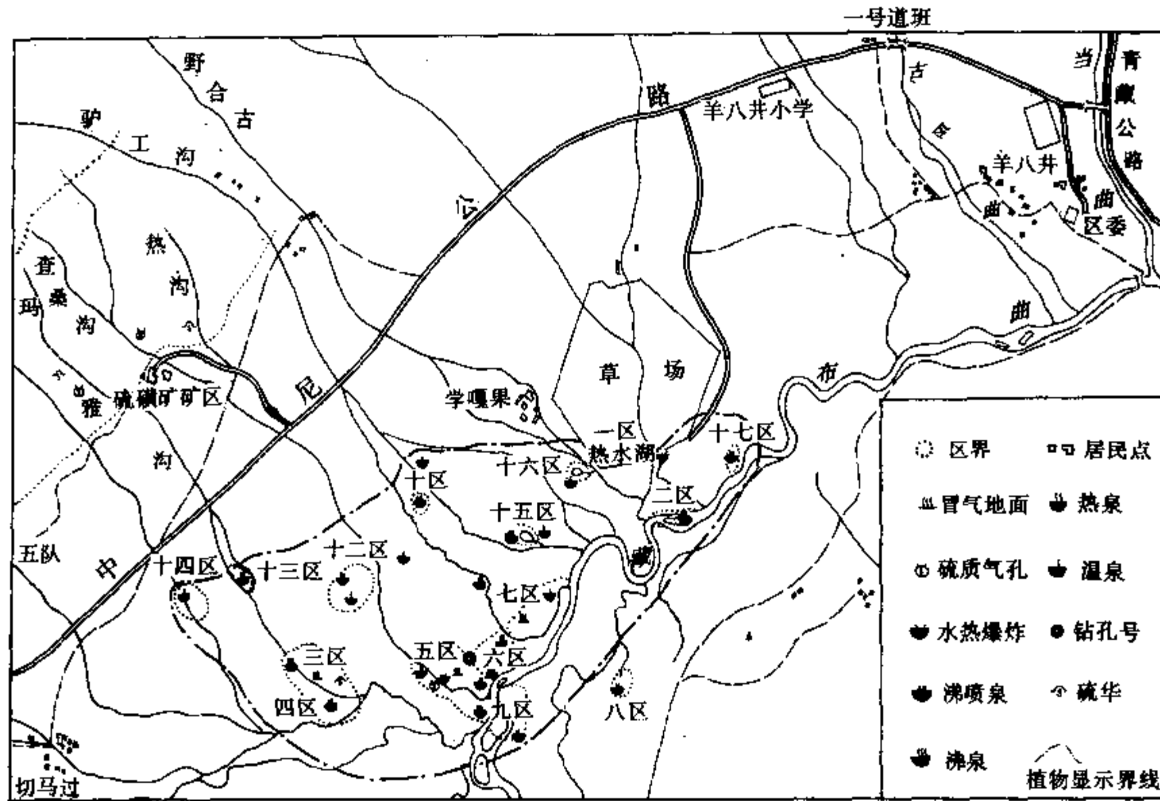


图 2-7-5 羊八井热田地表热显示分布图（据佟伟等）

2.玛旁雍热田

玛旁雍热田位于阿里地区东南部的扎藏布河下游，归普兰县霍尔区，距离河口6公里左右，海拔约4600米。玛旁雍热田可分成4个热水区，牙门扎和安部水热区位于河床右侧被冲沟破坏的二级阶地上，曲普和丹果其萨水热区在河床的左侧，大部分位于河漫滩上。热田总面积约10平方公里。其中除安部为热泉区以外，其余都是水热爆炸区（图2-7-7）。在玛旁雍热田四个水热区中，以曲普出现的水热爆炸规模最大，活动也最频繁。曲普水热区在玛旁雍热田的西南，面积约1.5平方公里，水热区的中心是一座硅质泉华胶结的爆炸角砾岩丘，高20米左右，在丘体的四周，由水热爆炸形成的大大小小热水塘和热水湖星罗棋布。引人注目的是1975年11月12日水热大爆炸所形成的一座圆形爆炸穴，穴口直径约25米，穴体充水成热水塘，中心有两个沸泉口，形成两处翻涌不息的湍流区，水温在岸边达78℃。在爆炸角砾岩丘的西南端，分布着规模更大的水热爆炸穴群，穴口直径各约100米，已积水成湖；在爆炸穴和爆炸角砾岩丘之间，有10余处小规模水热爆炸形成的热水塘，塘口直径1～10米不等，塘心涌水，水温70～80℃。各热水塘流出的热水汇集成河，注入东北方向的热水湖，热水河沿程出现大量沸泉、喷泉、喷汽孔，硫质气孔等，一直延续到热水湖西南端的湖底。在现场用钼酸铵比色法测定其二氧化硅含量，高达750～1000ppm。总的来说，曲普水热区内形迹明显的水热爆炸穴共30处左右；后来大部分变为热水塘、热水湖

或热水沼泽，其中小型爆炸穴集中分布在爆炸角砾岩丘的丘体上，而大、中型爆炸穴分布在丘体的外围。安部水热区在曲普的北偏东方向，位于扎藏布河右岸二级阶地的沟壑区内，大量热泉分布在两条朝河谷方向平行延伸的冲沟两侧，沟头沸泉，水温 85℃；右侧冲沟的下游，有一直径 25 米的圆形热水塘，水温 35℃。玛旁雍热田的面积很大，热田的水热活动发端可能追溯到很远，东部堆积了大量与现代水热活动显然不大相称的古泉华体，说明水热活动重心已经从东部西移到普曲水热区。从玛旁雍热田向西北，水热活动循着区域构造线方向断续出露，玛旁雍错冬季经常发生剧烈的冰爆和冰下湖水喷发，在安迦水道上，有齐吾贡巴热泉区，它在历史上曾经是一个沸泉区。

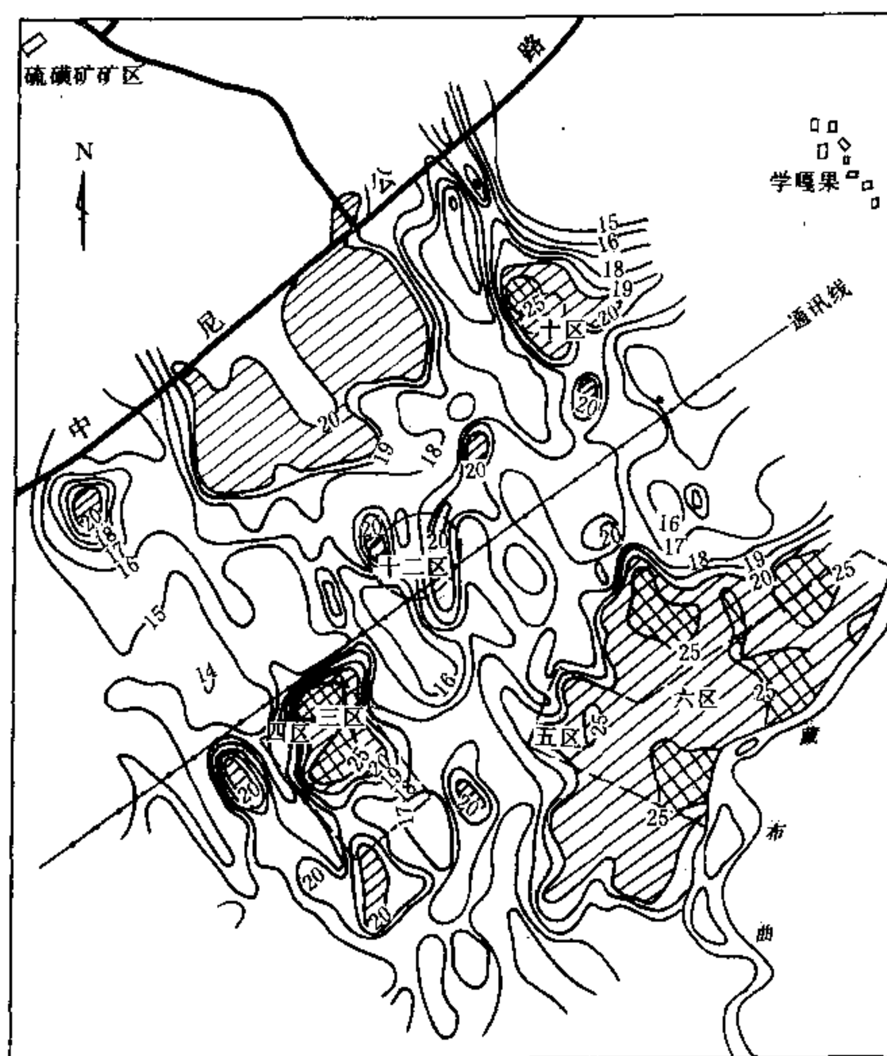


图 2-7-6　羊八井热田 0.8 米地温分布图（据佟伟、章铭陶等）

西藏已经发现 10 个水热爆炸区，几乎全部出现在 4200 米以上的高海拔宽谷盆地之中。附近往往存在高程超过现代雪线的高大山体。在第四纪的各个冰期中，这里发育有山麓冰川和山谷冰川，为形成发生水热爆炸的浅层热储提供了良好的空间条件和水文条件。水热爆炸区都存在水汽两相显示，浅层增温梯度很大，如羊八井水热爆炸区附近 24 米以浅的增温梯

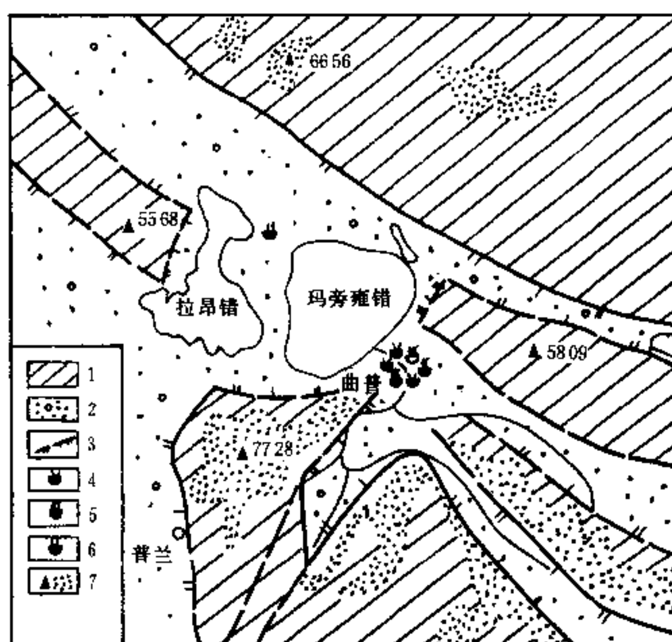


图 2-7-7　玛旁雍热田示意图（据韩同林）

1—隆起带；2—第四系；3—活动断裂；4—水热爆炸；
5—沸泉；6—热泉；7—现代冰川及海拔高度

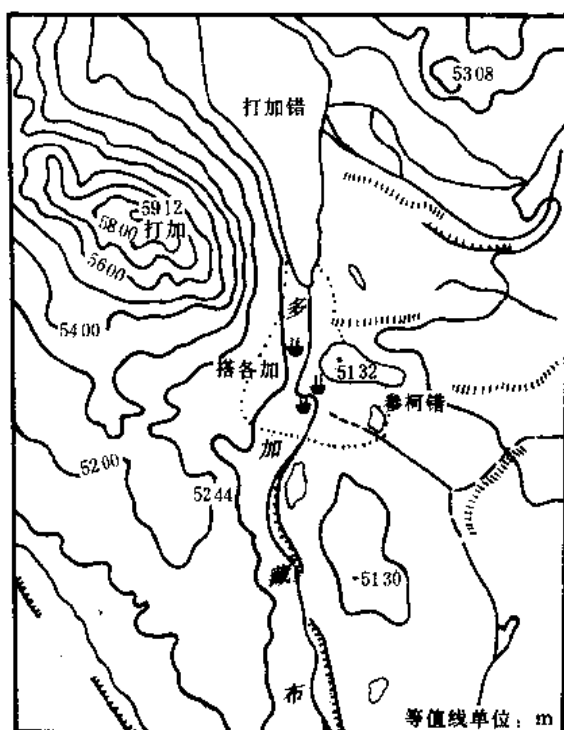


图 2-7-8　搭各加间歇泉水热区
位置图（据佟伟等）

度每米达到 2～3℃，羊 2 孔深 60 米附近的实测温度超过 165℃，附近地电阻率最小值小于 4 欧姆 · 米。水热爆炸发生的频率最高有的水热区多达每年 20 余次，这种罕见的高频水热爆炸活动说明：下伏热源必然具有很高的能位，热能自热源至水热爆炸点的传递速率很大，爆炸点的热量积累很快。热源补给可能是来源于深部的高温热水，但其更深的热源则是具有传导热流量异常的高温热岩体，甚至只可能是十分年青的岩浆侵入体。

3.搭各加间歇泉水热区

西藏是目前我国境内发现间歇喷泉的唯一地区，位于昂仁县桑桑区的搭各加间歇喷泉是我国最大的间歇喷泉。搭各加的水热活动显示出现在一座泉华台地上（图 2-7-8）。地表显示中沸泉和热水塘占有相当大的比例，右侧有一古硅华丘，丘顶为一椭圆形坑穴，长径

10米，深8米，左侧是一大片热水沼泽，水温约23℃。水热区共拥有间歇喷泉四处：主间歇泉泉口在多雄藏布河床的右侧，泉口圆形，喷发活动是紊乱的，喷发强度变化无常，间歇时间长短不一。每次单独喷发高度为几米到十几米之间，喷发持续时间和每两次喷发的间隔从几秒钟到几分钟不等，每一个复合式喷发系列持续的时间也不一样，往往在系列的末尾，出现一次规模特大的喷发作为终结；第二处间歇泉在主泉口以北，不规则圆形泉口上方的泉华台地上是一片密集的沸泉和热水塘群，泉口喷发活动的规律性很强，喷发持续25分钟以后，间歇期一般长达一天半；第三处间歇喷泉在第二间歇泉以南约30米，间歇期长约5～6小时；第四处间歇泉为一小型热水塘，喷发时水花高出塘面约1米。

4.查布间歇泉水热区

查布间歇泉水热区位于冈底斯山南麓一条近南北向带状宽谷中，海拔4800米。泉华台地上拥有间歇喷泉、沸泉、热泉、温泉、热水沼泽等各类显示点共200余处，对其中159处进行了测温，温度高于80℃的共有58处，最高温度达96.4℃。主泉口活动频繁，24小时内共喷发208次，每次平均持续4～5分钟，间歇期为2～3分钟，午夜时分喷势最猛，喷发持续时间也略显加长。

5.谷露间歇泉水热区

谷露间歇泉位于那曲县谷露区中部，海拔4700米。沿念青唐古拉山前大断裂出露一系列水热活动区，谷露间歇喷泉是东端最强烈的一个。间歇泉区由7片泉华阶地或泉华丘组成并出露一组北东向裂隙带，裂隙带上有三个喷泉，靠南的一个是间歇喷泉，喷出汽水柱最高达7米左右，平均每天喷发16次，相邻两次喷发的间歇时间平均44分钟，激喷时温度最高达88.1℃（图2-7-9），其总趋势与美国黄石公园老实泉相似。

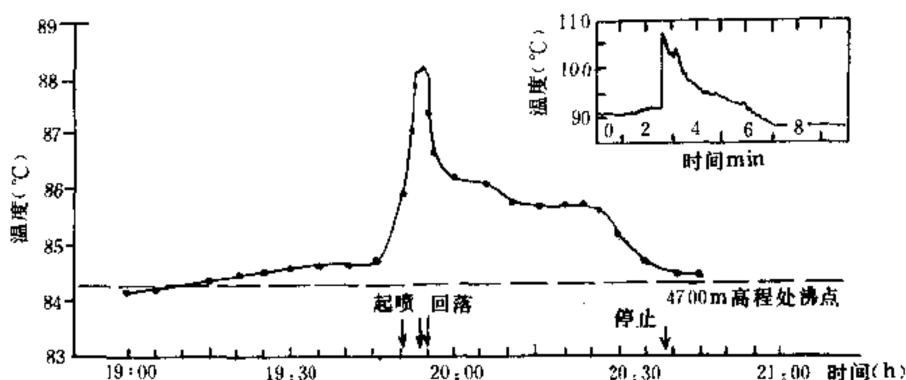


图2-7-9　谷露间歇泉喷口下1米处的温度变化曲线（据佟伟等）

（右上角小图是美国黄石公园老实泉的温度变化）

高温间歇喷泉是自然界里一种奇特而又罕见的汽水两相显示，它是在特定的条件下，地下水室里的高温热水作周期性的相态转化，因此泉口能够间歇地喷出大量汽水混合物的一种水热活动，在相邻的两次喷发之间，存在着相对静止的间歇期。间歇泉的出现意味着地下深处存在更高温度的地热流体，存在着与岩浆活动相关的热源。世界著名间歇泉的直接热源是过热水或高温蒸汽，而过热水和高温蒸气的热源可能是第四纪或第三纪火山活动有时空联系的热岩体。西藏出现间歇泉的地方没有第四纪和新第三纪火山，但却是年轻的造山活动带，

因此，西藏的间歇泉的间接热源很有可能是造山活动带的浅成岩浆活动。

三、西藏地热活动的地质条件

全球地热带一般都出现在地球表面各大板块的边界附近，西藏高原境内的喜马拉雅地热带也不例外。因此，西藏南部目前存在强烈的水热活动绝非偶然。大约在始新世至渐新世时，南亚次大陆与欧亚大陆两个陆壳于雅鲁藏布江一线直接相碰撞，出现了雅鲁藏布地缝合线，于是青藏高原南部发生了如下重要的地质事件:

1）沿雅鲁藏布江一线出现蛇绿岩带;

2）在南亚次大陆北缘出现一系列向南突出的弧形构造，主要以一系列大规模的推覆构造为特征;

3）渐新世以后，在雅鲁藏布缝合线以南的喜马拉雅褶皱带出现了两个新的花岗岩带，即20～30百万年的拉轨岗日二云母花岗岩带和10～20百万年的喜马拉雅电气石花岗岩带;

4）随着两个大陆的碰撞，西藏高原火山活动中心的位置由始新世的藏南转移到了藏北高原。

西藏高原的水热活动区就是在上述的地质条件下产生的，它们具有很高的放热量，尤其是喜马拉雅地热带内的一些汽、水两相水热区，天然热流量达到了 10^7～10^8 卡秒$^{-1}$ 量级。结合水热活动的地质背景分析，水热活动带出的巨大热量来源于晚近的壳内岩浆活动。西藏高原板块构造模式为高原壳内存在岩浆活动提供了可能性，同时水热活动显示亦是重要证据。如地表水热活动显示十分广泛，总数超过600，可以和地处现代火山带的世界任何其它地区相比拟；西藏相当一部分水热区出现具现代火山区特征的氯化钠型水，这种水型一般认为与岩浆活动有关，与这种水型相伴的气体组合是 CO_2—H_2S，也具火山活动期后气体组合的特点；按照经典理论，F、As、B、Li、Rb、Cs以及Sb和Hg等都是在岩浆活动后期富集的一些特征性元素，这几种元素在西藏热水中的丰度都特别高，富硼更是西藏水热活动的十分突出的特点，这个特点与意大利托斯卡纳地区极为相似，而后者正是世界著名的现代火山区。所以即使在藏北高原的地壳内，也不能完全排除存在现代岩浆活动的可能性；西藏水热区的硫同位素分析表明，自然硫以及化合物硫的同位素比值变幅很窄，其 $\delta^{34}S$ 与经过地表细菌作用的典型沉积物硫有很大的差别，但和陨石硫或地幔硫的 $\delta^{34}S$ 很接近，这个特点说明某些地热流体所携带的硫具有深源性质。

整个西藏高原的重力异常都非常低，在喜马拉雅山南坡为−280毫伽，珠穆朗玛峰为−313.9毫伽，拉孜一带为−510毫伽，羊八井一带为−550毫伽，藏北高原伦波拉盆地为−454毫伽❶。这样低的布伽异常值可能与高原地壳中熔融物质比较多，密度比较小有关。高原上一些大型地热田的布伽异常值达到最低值，不可能想象那里的莫霍面突然下凹，而很可能是地壳浅处存在着液态岩浆囊或已固结的高温岩浆体所产生的一种密度效应。

总之，西藏高原特别是雅鲁藏布江的南北，很可能是一个热流量高的区域异常带，地壳花岗岩层下部可能处于熔融状态，当它们沿着裂隙向上侵位时，在地壳的浅处滞留下来，形成一些液滴状岩浆囊，成为西藏一些地热田的热源，它们形成的时代很可能是在中更新世末期构造运动强烈的时候，也很可能持续到现在。

西藏地区地热活动十分剧烈，大地热流值也比较高，伦坡拉盆地温梯度达到 6℃ / 10^2 · m，对于油气形成和聚集是有利的条件。

---

❶据中国科学院地球物理研究所资料。

第八章　油气资源初步评价

第一节　沉积盆地及构造条件分析

根据以上各章所述及沉积盆地的划分，青藏高原圈定出主要沉积盆地 18 个，面积达 42 万多平方公里，约占总面积的 1／3 左右。其中三叠系、侏罗系残留盆地 4 个，面积 97000 平方公里；侏罗—白垩系残留盆地 9 个，面积 236700 平方公里；第三系沉积–残留盆地 5 个，面积 96000 平方公里（表 2–8–1）。

表 2–8–1　青藏高原主要沉积及残留盆地情况表

序号	盆地	面　积 km^2	沉积岩厚 m	基底层位	主要目的层	油气显示	说　明
1	库木库里	30000	6000	An€	E	见油砂	青海南部
2	可可西里	20000	6000	PZ	E、N	见油砂	青海南部
3	羊　湖	16000	6000	PZ_2	E		
4	拜惹布错	10000	7000	PZ_2	J、K		
5	巴克哈鲁	10000	5000	PZ_2	E		
6	乌兰乌拉湖	20000	4000	PZ	J、E	侏罗系见油砂	
7	羌　塘	40000	8000	PZ	T、J	侏罗系见油砂	
8	羌　南	45000	6000	PZ	J	侏罗系见油砂	
9	唐古拉	30000	8000	PZ_2	T_3、J	见丰富油气显示	
10	昂达尔	15000	6000	PZ_2	T_3、J	发现多处油苗	
11	昌　都	12000	7000	PZ	T_3、J	见油气显示	
12	比　如	15000	5000	PZ_2	K	见油气显示	
13	昂拉仁错	80000	7000	PZ	J、K	见沥青、稠油	
	改则–安多	15000	7000	PZ_2	K、E、N	见工业油流	位于昂拉仁的北部
14	措　勤	35000	6000	An€	K	见油气显示	
15	拉　萨	8000	4000	PZ	K	见沥青	
16	日喀则	10000	6000	PZ	K		
17	岗巴–定日	25000	4000	An€	J、K、E	有气喷出	木斯塘
18	象泉河	8700	6000	AnD	J、K、N		

从表 2–8–1 中可以看出，青藏高原中生界盆地占主要的地位，其次是第三系盆地。中生界盆地主要分布在五个构造带中的羌塘–唐古拉和昂拉仁两个断褶带，约占总盆地面积 70%以上。而第三系盆地，面积较大，沉积岩较厚，保存条件较好的盆地主要分布在北部。此外在巨型断裂带的两侧断陷中，仍可形成面积中等，沉积较厚具有较好的生储条件的第三系盆地，如伦坡拉盆地。南部的第三系盆地多属残留盆地。

青藏高原的构造特点是以不同的规模近东西向带状横贯本区。五个断陷带都延伸超过 1000

公里，其间是以巨型断裂带分界的。一般是以北侧的地质构造单元推覆到南侧的单元之上，并伴随有大量火成岩活动。在五个一级构造单元中，巴颜喀拉断褶皱带以南的三个构造带，均有向东延伸然后向南转弯的现象，构造层的空间由宽变窄，挤压褶皱非常剧烈，形成著名的"三江"褶皱带。而向西由于受阿尔金断裂的影响，又向西南稍稍转弯，构造也变得较复杂。在南部，三个构造带的中部，又发育有一组巨型的北东向或北西向的断裂带，将构造带分割为东西两段，一般在西段为较稳定的地区，以东的地段则为挤压褶皱较发育带。因此，在东西向断褶皱带内形成的盆地或断陷，其构造相对简单，比较稳定，构造形态一般较宽缓。如羌塘、羌塘南、昂拉仁等，不仅面积大，火成岩活动相对微弱，具有较好的油气保存条件。

在断裂带的结合部位和挤压剧烈部位，构造变得相对复杂。如唐古拉盆地东部侏罗系受到强烈褶皱和火成岩侵入影响，使得这些地区含油条件变差。

本区的另一构造特点，即受北东东和北西西两组断裂控制的不同规模的菱形块体或断块，在构造发展中形成隆起或坳陷，由于断块的控制作用，使负向块体的次级构造单元能很好地被保存下来，这对青藏地区的油气保存是非常关键的。

第二节　评价的条件及方法

关于青藏高原中、新生界沉积盆地的评价问题，仍属初步的，这是因为对青藏地区来说，石油、天然气的勘探程度是很低的。除了伦坡拉盆地地质部四普进行过地质详查、物探工作和油井钻探、试油之外，其他地区就很少了。此外，样品的化验工作太少，没有系统的有机地球化学剖面、储集层的系统分析数据、地震剖面和其他综合物探工作，几个有利的盆地也没有参数井资料。现在掌握的是有关区域构造、地层、古生物和火成岩活动资料，有关油气勘探数据是不多的。因此，可以说本区的油气资源评价的基础资料是不足的。目前的评价仅是初步的，代表现阶段的认识，随着以后油气勘探工作的深入开展，将会开拓新的认识。

油气资源评价的主要依据是：盆地的面积、沉积岩厚度、生储组合的发育情况、构造条件、油气显示和 5%、50%、90%概率资源量预测等。没有过多的考虑自然条件和工作条件。

本区资源评价的方法，由于基础资料不足，不能按全国油气资源评价的系统方法进行（伦坡拉盆地资料相对较多，可用生油量等方法计算）。按全国储委油、气专业委员会公布的石油储量规范，将资源量等级划分为：探明储量、控制储量、预测储量、潜在资源量和推测资源量（目前勘探目标尚不明确，而在理论上、从实际资料出发认为可能存在的资源）。又根据其地质依据、勘探程度、经济价格和开采技术的可行程度分为有开采价值的和目前尚无开采价值两类。按照勘探程度和资料准备程度，本区属于推测资源量和目前尚不具备开采的条件。

本区采用的评价方法主要是沉积岩体积法和盆地类比法。参数选自世界沉积盆地储量密度统计表和我国部分油气盆地储量密度预测表。

对青藏地区来说，盆地类型可属于克拉通内部盆地和克拉通裂谷盆地。由于勘探程度低，参数均选用低线值。此外据少量样品热解色谱分析数据，推算本区生油潜量是：中上侏罗统深灰色泥岩 0.065 公斤／吨；白垩纪灰岩 0.063 公斤／吨；下第三系深灰色泥岩为 2.3 公斤／吨。

按照我国目前已勘探的油气盆地可分为三类：一类为油气富集盆地，如东营，辽河西部、饶阳和泌阳等盆地，已控制的储量相当资源量的 50%以上。二类盆地为油气较富集盆地，如霸县，板桥和酒西等盆地，已控制的储量相当资源量的 30～50%。三类盆地为含油

气盆地，如廊固、二连、鄂尔多斯等盆地，已控制的储量相当资源量的20～30%左右。青藏地区的盆地评价，全部按低线值，三类盆地标准评价。根据所提供的参数，加以综合的地质分析，然后输入微机处理，再参照全国油气盆地评价程序即可。

综合以上评价的资源量总计为16.04亿吨，如果加上其他六个盆地，资源量接近20亿吨。盆地评价可分三类（参考图2-8-1）。

表2-8-2　世界沉积盆地储量密度统计表

盆地类型	储量密度　($10^3t/km^3$)	
	可采储量密度	按30%采收率换算成地质储量密度
克拉通内部盆地	0.1167～0.0600～0.0100	0.3890～0.200～0.033
克拉通裂谷盆地	1.5～0.0250	5.0～0.0833
大型	1.5～0.4667	5.0～1.5556
中型	0.4667～0.2500～0.0670	1.5556～0.8333～0.2233
小型	<0.0670或0.0670～0.0250	<0.2233或0.2233～0.0833
过渡型盆地		
一般	0.5330～0.0830	1.7767～0.2767
小型	0.0330～0.0030	0.1100～0.0100
山间盆地	13,3000～0.9000～0.0167	44.3333～2.00～0.0557

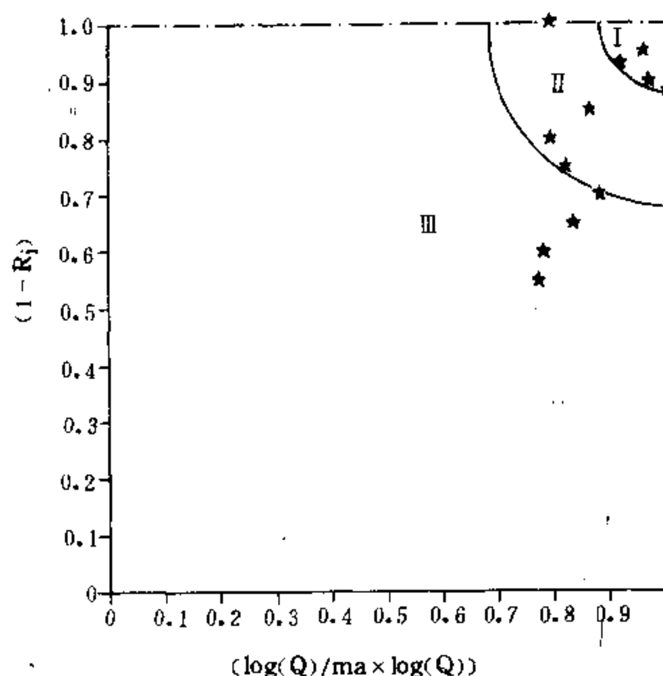


图2-8-1　青藏地区主要沉积盆地评价分类图

Ⅰ——类盆地；Ⅱ—二类盆地；Ⅲ—三类盆地

一类盆地：羌塘、羌塘南、昂拉仁、库木库里。

二类盆地：昂达尔、唐古拉、昌都、伦坡拉羊湖。

三类盆地：比如、可可西里、乌兰乌拉湖。

从上述评价和其他部门调查资料表明，羌塘、羌塘南、昂拉仁等盆地是很有希望的盆地。对第三系盆地来说，伦坡拉、库木库里、羊湖等盆地已具有基本的石油地质条件，其中伦坡拉已见工业油流。目前的评价可以做为今后对青藏地区油气勘探工作的参考。但在实施这个区的勘探工作时，要对本区的自然条件有足够的估计。

第三节 建 议

青藏高原200万平方公里范围内（西藏地区120万平方公里），有沉积盆地20几个，其中主要的有18个。按目前我国三类含油气盆地类比，大致可控制的地质储量说明这一地区是有一定油气远景的。特别是中国的海相侏罗系、白垩系和海相第三系主要分布在这一地区，其生储条件已在第四章论述是很好的，这些层系具有相当的油气潜力，相信通过进一步勘探，本区将会有新的发现，可望建成一个新的石油工业基地。

应当指出，这里的自然条件和工作条件十分困难。对青藏地区的油气勘探工作，建议邀请各部门专家，特别是在西藏地区工作多年的地质家、地球物理家（包括遥感、地理学家）共同讨论，制定出5～10年的油气勘探总体规划，分年实施。主要内容包括区域地球物理、遥感解译、区域石油地质普查、详查、重点盆地的参数井、科学探索井，分区的有机地球化学剖面的建立、储集层研究和油气水分析等，对地热场的研究和地层变质程序的研究和地震剖面的特殊处理都应给予重视。在综合研究的基础上，做出盆地的评价，优选有利含油盆地和重点层系。与此同时，开展地球物理详查、区域探井和测试工作，有可能在10～15年内准备出几个可供开发的地区。由于本区的特殊的工作条件，建议请国家计委、科委考虑，统一组织青藏地区的油气勘探工作和综合研究力量。由国家设立勘探基金、设立专题，由各有关部门、院校共同完成。从现在开始准备，争取在2000年以前完成，从21世纪开始转入部分油区的开发工作，为青藏高原少数民族地区提供充足的能源，建立一个新的石油工业基地。

参 考 文 献

1.中国地质科学研究院，1980～1986,《青藏高原地质文集》(1-17集）地质出版社。

2.中国科学院青藏高原综合科学考察队，1968～1986:《青藏高原科学考察丛书》(地层、地质构造、地热、河流与湖泊、第四纪地质、冰川等)，科学出版社。

3.马杏垣主编，1988,《中国及邻近海域岩石动力学图及说明书》，地质出版社。

4-1.王鸿祯，1983,"论西藏构造分区问题"，地球科学，第一期。

4-2.王鸿祯主编，1985,《中国古地理图集》，地图出版社。

5.叶祥华、李家福，1987,"古地磁与西藏板块及特提斯的演化"，成都地质学院学报 p.65～79。

6-1.朱夏、陈焕疆，1980,《论中国油气盆地的构造演化》，地质出版社。

6-2.韩同林，1987,《西藏活动构造》，地质出版社。

7.李春昱，1980,《对亚洲地质构造发展史的新认识》，地质出版社。

8.李春昱等，1982，《亚洲大地构造图说明书》，地图出版社。
9.李璞等，1959，《西藏东部地质及矿产调查资料》，科学出版社。
10.肖序常，1982，青藏高原板块构造一些新认识，中法喜马拉雅山学术讨论会报告，地质出版社。
11.肖序常、高延林等，1987，青藏高原的板块构造演化，《西北大学地质系学术报告论文集》p.268～280，陕西科技出版社。
11.杨锡彬，蒋中惕，1987，中国地质科学研究院 562 综合大队集刊 p.49～59，地质出版社。
12.陈炳蔚、艾长兴，1983，"试论横断山区印支旋回的构造特征"，中国地质科学研究院院报第 7 号，地质出版社。
13.徐宪、魏振声等，1982，《青藏高原区域地层简表》，地质出版社。
14.徐正余，1980，"西藏伦坡拉盆地第三系及其含油性"，石油与天然气地质，1980 年第二期。
15.饶荣标、徐济凡等，1987；《青藏高原的三叠系》，地质出版社。
16.黄汲清、任继舜，1980，《中国大地构造及其演化》，科学出版社。
17.黄汲清、陈炳蔚，1988，《中国及邻区特提海的演化》，地质出版社。
18.Allègre C.J., A.Hirn 等，1987，《喜马拉雅深部地质与构造地质》（译文集），地质出版社。